



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

VYTÁPĚNÍ MATEŘSKÉ ŠKOLY

HEATING OF KINDERGARTEN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Karolína Železná

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARCELA POČINKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608R001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Karolína Železná
Název	Vytápění mateřské školy
Vedoucí práce	Ing. Marcela Počinková, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2018
Datum odevzdání	24. 5. 2019

V Brně dne 30. 11. 2018

prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

A. Teoretická část – literární rešerše ze zadaného tématu, rozsah 15 až 20 stran

B. Výpočtová část

- analýza objektu – koncepční řešení vytápění a větrání objektu, volba zdroje tepla,
- výpočet tepelného výkonu,
- stanovení a hodnocení průměrného součinitele prostupu tepla budovy v podle vyhlášky č.78/2013 Sb. ,
- návrh otopných ploch,
- návrh zdroje tepla,
- návrh přípravy teplé vody, event. dalších spotřebičů tepla,
- dimenzování a hydraulické posouzení potrubí, návrh oběhových čerpadel
- návrh zabezpečovacího zařízení,
- návrh výše nespecifikovaných zařízení, jsou – li součástí soustavy
- roční potřeba tepla a paliva

C. Projekt – úroveň prováděcího projektu: půdorysy + legenda, 1:50 (1:100), schéma zapojení otopných těles - / 1:50 (1:100), půdorys (1:25, 1: 20) a schéma zapojení zdroje tepla, technická zpráva.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Marcela Počinková, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce řeší návrh vytápění mateřské školy. Teoretická část představuje problematiku systémů podlahového vytápění. Výpočtová část popisuje konkrétní návrh vytápění objektu nízkoteplotním systémem kombinujícím otopná tělesa a teplovodní podlahové vytápění, návrh přípravy teplé vody a dalších potřebných zařízení soustavy. Jako zdroj tepla jsou navržena tepelná čerpadla vzduch-voda. Nucené větrání je zajištěno vzduchotechnickou jednotkou. Objekt je navržen jako budova s téměř nulovou spotřebou energie.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vytápění, podlahové vytápění, otopná tělesa, tepelné ztráty, tepelné čerpadlo, příprava teplé vody, nízkoteplotní systém, mateřská škola, budova s téměř nulovou spotřebou energie

ABSTRACT

The objective of the bachelor thesis is a nursery school heating system design. The first, theoretical part, introduces the topic of underfloor heating. The computational part describes the design of a low-temperature heating system combining radiators and water underfloor heating, the design of a hot water preparation and other necessary equipment. Two air/water heat pumps are designated as energy sources. Ventilation is mechanical by air conditioning unit. The school is designed as a nearly zero-energy building.

KEYWORDS

Heating, underfloor heating, radiators, heat-loss, heat pump, hot water preparation, low-temperature system, nursery school, nearly zero-energy building

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Karolína Železná *Vytápění mateřské školy*. Brno, 2019. 106 s., 78 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Marcela Počinková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Vytápění mateřské školy* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24. 5. 2019

Karolína Železná
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat své vedoucí bakalářské práce Ing. Marcela Počinkové, Ph.D. za ochotu, věcné připomínky a odborné rady během zpracování této práce. Můj velký dík také patří rodině a přátelům, kteří mě po celou dobu studia podporovali.

OBSAH

ÚVOD	13
A TEORETICKÁ ČÁST.....	15
PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ	17
A.1 Specifika podlahové vytápění	17
A.2 Historie podlahového vytápění.....	18
A.3 Výhody a nevýhody podlahového vytápění	19
A.3.1 Výhody podlahového vytápění.....	19
A.3.2 Nevýhody podlahového vytápění	19
A.4 Základní požadavky na podlahové vytápění	19
A.4.1 Maximální střední povrchová teplota otopné plochy	19
A.4.2 Normové hodnoty tepelného odporu vrstev	20
A.5 Konstrukce a provedení podlahové otopné plochy	20
A.5.1 Konstrukce podlahové otopné plochy	20
A.5.2 Dilatační celky.....	22
A.5.3 Způsoby provedení otopné plochy	23
A.5.4 Způsoby upevnění potrubí při mokřem způsobu provedení.....	24
A.5.5 Způsoby pokládky trubních okruhů	25
A.5.6 Materiály potrubí.....	26
A.6 Tepelně technický výpočet teplovodního podlahového vytápění	27
A.6.1 Tepelný výkon a příkon otopné plochy	28
A.7 Hydraulický výpočet teplovodního podlahového vytápění	29
A.7.1 Tlaková ztráta potrubí	30
B VÝPOČTOVÁ ČÁST	31
B.1 Analýza objektu.....	33
B.2 Výpočet tepelný ztrát	33
B.2.1 Stanovení a posouzení součinitele prostupu tepla konstrukcí	33
B.2.2 Přesný výpočet tepelné ztráty budovy	36
B.3 Energetický štítek obálky budovy	39
B.4 Návrh vytápění	42
B.4.1 Návrh podlahového vytápění.....	42
B.4.2 Návrh otopných ploch	44
B.5 Návrh zdroje tepla	47
B.5.1 Návrh výkonu ohřívače vzduchotechnické jednotky	47

B.5.2	Stanovení potřeby výkonu	47
B.5.3	Návrh tepelných čerpadel	47
B.5.4	Návrh bivalentního zdroje tepla	50
B.5.5	Návrh akumulční nádrže	50
B.6	Návrh přípravy teplé vody	52
B.6.1	Stanovení potřeby teplé vody a tepla	52
B.6.2	Křivka dodávky a odběru tepla	53
B.6.3	Návrh zásobníku teplé vody	53
B.7	Návrh a hydraulické posouzení potrubí	55
B.7.1	Materiály a uložení potrubí	55
B.7.2	Návrh rozdělovačů a sběračů	56
B.7.3	Dimenzování a hydraulické seřízení rozvodů pro vytápění	60
B.7.4	Hydraulické nastavení vyvažovacích ventilů	63
B.7.5	Návrh třicestného směšovacího ventilu	64
B.7.6	Návrh regulátoru průtoku	65
B.7.7	Dimenzování rozvodů v technické místnosti	66
B.7.8	Návrh tloušťky tepelné izolace potrubí	67
B.7.9	Návrh oběhových čerpadel	74
B.8	Návrh zabezpečovacích zařízení	79
B.8.1	Návrh expanzního zařízení	79
B.8.2	Návrh pojistného zařízení	80
B.9	Roční potřeba tepla a elektrické energie	81
B.9.1	Výpočet pro vytápění	82
B.9.2	Výpočet pro přípravu teplé vody	82
B.9.3	Výpočet pro nucené větrání	83
B.9.4	Výpočet spotřeby elektrické energie topné příruby	83
B.9.5	Celková roční potřeba tepla a spotřeba elektrické energie	83
C	PROJEKT	85
TECHNICKÁ ZPRÁVA	.....	87
C.1	Úvod	87
C.1.1	Umístění a popis objektu	87
C.1.2	Popis provozu v objektu	87
C.2	Podklady	87
C.2.1	Výkresová dokumentace	87
C.2.2	Použité normy a vyhlášky	87

C.2.3	Podklady firem	88
C.3	Tepelné ztráty a potřeba tepla	88
C.3.1	Klimatické poměry	88
C.3.2	Vnitřní návrhové teploty	88
C.3.3	Tepelné ztráty konstrukcí	88
C.3.4	Potřeba tepla a spotřeba elektrické energie	89
C.4	Zdroj tepla	89
C.4.1	Zdroj tepla pro vytápění a ohřev teplé vody	89
C.4.2	Zabezpečovací zařízení	89
C.5	Tepelná soustava	89
C.5.1	Popis otopné soustavy	89
C.5.2	Čerpací technika	90
C.5.3	Plnění a vypouštění otopné soustavy	90
C.5.4	Regulace a měření otopné soustavy	90
C.5.5	Tepelná izolace	90
C.5.6	Příprava teplé vody	90
C.5.7	Vzduchotechnika	91
C.6	Požadavky na ostatní profese	91
C.6.1	Stavební práce	91
C.6.2	Zdravotechnika	91
C.6.3	Elektroinstalace	91
C.7	Montáž, uvedení do provozu a provoz	91
C.7.1	Zdroj tepla	91
C.7.2	Otopná soustava	92
C.7.3	Zkoušky zařízení	92
C.7.4	Způsob obsluhy a ovládání	92
C.8	Ochrana zdraví a životního prostředí	92
C.8.1	Vliv na životní prostředí	92
C.8.2	Hospodaření s odpady	92
C.9	Bezpečnost a požární ochrana	93
C.9.1	Bezpečnost při realizaci díla	93
C.9.2	Bezpečnost při provozu a užívání zařízení	93
C.9.3	Požární ochrana	93
ZÁVĚR	.....	95

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	97
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	99
SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK.....	99
SEZNAM PŘÍLOH	105

ÚVOD

Obsahem bakalářské práce je návrh vytápění mateřské školy včetně veškerých zařízení potřebných k provozu systému. Objekt je navržen jako budova s téměř nulovou spotřebou energie.

Teoretická část podrobněji představuje problematiku podlahového vytápění, historický kontext, výhody a nevýhody dnešních systémů, základní normové požadavky návrhu, konstrukční zásady a způsoby provedení, postup tepelně technického a hydraulického výpočtu teplovodního podlahového vytápění.

Výpočtová část obsahuje konkrétní návrh systému vytápění. Pokrytí vypočtených tepelných ztrát jednotlivých místností zajišťuje nízkoteplotní otopná soustava kombinující teplovodní podlahové vytápění a otopná tělesa. Jsou navrženy materiály a dimenze potrubí, jeho tepelné izolace, otopná tělesa, armatury, rozdělovače a sběrače včetně hydraulického vyvážení. Dle vypočteného tepelného výkonu jsou jako zdroj tepla navržena tepelná čerpadla vzduch-voda, bivalentním zdrojem je topná příruba umístěná v akumulární nádrži. Ohřev teplé vody probíhá v zásobníku teplé vody. Vzduchotechnická jednotka obsahující teplovodní výměník a výměník zpětného získávání tepla zajišťuje nucené větrání celého objektu. Jako zabezpečovací zařízení je navržena expanzní nádoba a pojistné ventily. Jsou navržena také oběhová čerpadla, směšovací ventily, vyvažovací ventily a další zařízení potřebná k provozu soustavy. Je zpracován energetický štítek obálky budovy a stanovena roční potřeba tepla a spotřeba elektrické energie.

Projektová část obsahuje technickou zprávu, která shrnuje celkový návrh vytápění objektu, a výkresovou dokumentaci. Je zpracován půdorys 1. NP, půdorys technické místnosti, schéma zapojení zdroje tepla a schéma zapojení otopných těles.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

A. TEORETICKÁ ČÁST

THEORETICAL PART

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Karolína Železná

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARCELA POČINKOVÁ, Ph.D.

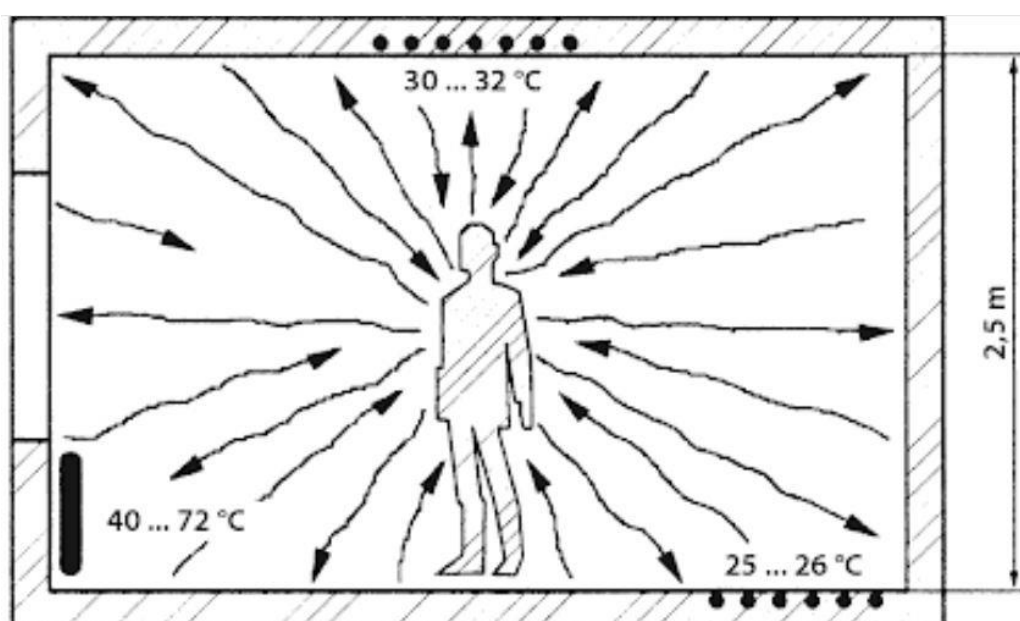
BRNO 2019

PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ

A.1 Specifika podlahové vytápění

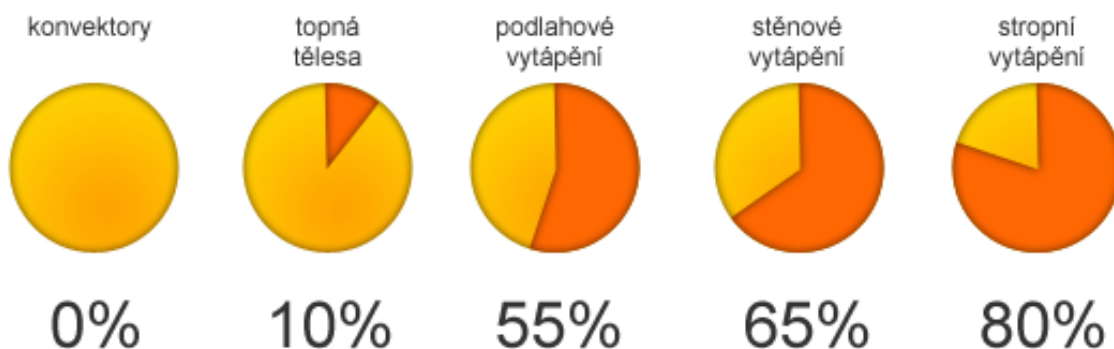
Podlahové vytápění, stejně jako stěnové nebo stropní vytápění, řadíme mezi velkoplošné, převážně sálavé způsoby vytápění.

Velkoplošné vytápění je typické tím, že otopnou plochu tvoří některá z konstrukcí ohraničující vytápěný prostor – podlaha, stěna nebo strop. Tato konstrukce je zevnitř zahřívána trubkami, ve kterých proudí otopná voda o poměrně nízkých teplotách, přičemž nejvyšší povrchová teplota je v místě uložení trubek, naopak nejnižší uprostřed mezi trubkami. Alternativně může být navržena otopná plocha samostatná, upevněná na některé ze stavebních konstrukcí, nebo umístěná volně ve vytápěném prostoru. Velkoplošné vytápění je vhodné použít pro jeho nižší teplotní spád v kombinaci s nízkoteplotními zdroji, jako jsou tepelná čerpadla, kondenzační kotle nebo solární systémy.



Obrázek 1: Sálavé tepelné toky a povrchové teploty pro různé otopné plochy [1]

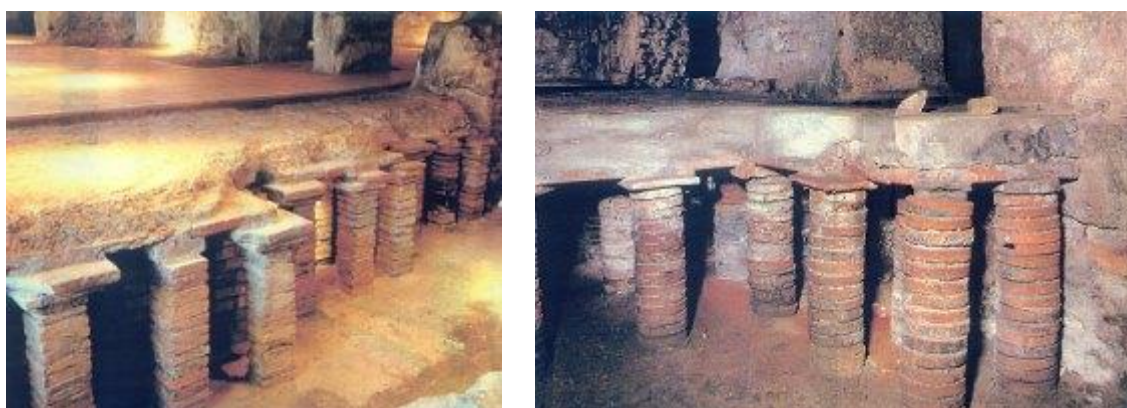
Sálavý způsob vytápění znamená, že převážná část tepla z otopné plochy je sdílena sáláním (zářením, radiací) a pouze malé množství prouděním (konvekci). Střední radiální teplota je v tomto případě vyšší než teplota vzduchu. Od sálající plochy se tedy ohřívají plochy osálané a teprve od sálajících a osálaných ploch se ohřívá okolní vzduch, což zahrnuje konvekční podíl tepelného toku konvekci. [1, 2]



Obrázek 2: Podíl tepelného toku sálání pro různé druhy vytápění [3]

A.2 Historie podlahového vytápění

Pokročilejší způsoby vytápění, oproti pouhému ohni uprostřed místnosti, se v Evropě datují již do starověkého Říma, do roku 80 př. n. l. U zrodu jednoho z prvních systémů podlahového vytápění v Evropě, nazývaného **hypocaustum**, stál vynálezce Gaia Segria Orata. Svým důmyslným a zároveň poměrně jednoduchým vynálezem reagoval na nedokonalé vytápění přenosnými ohřívadly v římských lázních. Hypocaustum fungovalo tak, že v ohništi umístěném pod objektem se bez roštu spalovalo dřevo či dřevěné uhlí. Teplé spaliny proudily dutinami v podlaze a ve stěnách, čímž je prohřívaly a ty sdílely teplo do vytápěného prostoru. Tento způsob vytápění podlahou tedy využíval horkého vzduchu z otevřeného ohně, který měl proudit prostorem pod halou, pod teplou lázní a dále v systému kouřových trubek nebo skříňových dlaždic uložených ve stěně. Teprve za těmito trubkami byla konstrukce podlahy, která se musela prohřát, aby mohla ohřívat podlahovou mozaiku. [4]



Obrázek 3: Starořímské hypocaustum [5]

V Asii se v prvním století př. n. l. v Koreji objevil systém vytápění podlahou známý jako **ondol**, který využíval přebytečného tepla z kamen k vyhřívání domu. Krb či kamna, určená primárně k vaření, byla umístěna pod úroveň podlahy. Z nich vedly v celém objektu pod podlahou horizontální kouřovodné komínky, které vedly pod podlahou ve vyšších polohách kouř a teplo získané z níže umístěné kuchyně. Ty vyústovaly do vertikálního komínu, který sloužil k odvodu spalin z budovy. Tento systém vytápění se zachoval po tisíciletí a je jedním z příčin vzniku tradice zouvání bot při vstupu do domu a následného sezení na podlaze. [4]



Obrázek 4: Korejský ondol [6]

Tepelná rovnováha sálavě vytápěného prostoru byla však popsána až ve 20. století v pracích Kalouse (roku 1937), Kollmara a Wierze (roku 1950). V České republice bylo nejlepší a nejrozsáhlejší druhé vydání práce Dr. Cihelky (roku 1961), které shrnulo všechny teoretické poznatky a obsahovalo i praktické výstupy s popisem jednotlivých druhů otopných ploch a sálavých soustav. [1]

A.3 Výhody a nevýhody podlahového vytápění

A.3.1 Výhody podlahového vytápění

- rovnoměrné rozložení teplot v interiéru
- zajištění optimální vlhkosti vzduchu
- možnost využití nízkoteplotních zdrojů díky nízkým teplotám otopného média
- akumulační schopnost
- minimální víření prachu díky nízké cirkulaci vzduchu
- estetické nenarušení interiéru
- neubrání užitého prostoru interiéru
- nízké náklady na provoz

A.3.2 Nevýhody podlahového vytápění

- pomalá odezva systému
- omezení prostorového rozmístění nábytku
- špatná dostupnost pro opravy
- vyšší náklady na pořízení oproti systému s konvekčními tělesy

A.4 Základní požadavky na podlahové vytápění

A.4.1 Maximální střední povrchová teplota otopné plochy

Podlahové vytápění má normové maximální střední povrchové teploty otopné plochy stanovené hodnotami pro:

- | | |
|-------------------|-------|
| – obytné prostory | 29 °C |
| – okrajové zóny | 35 °C |

Příčemž okrajovou zónou se rozumí podlahová plocha u vnějšího obvodu stěny, ve které se nepředpokládá dlouhodobý pobyt osob, o maximální hloubce 1 m směrem do prostoru.

Z hygienického a fyziologického hlediska by střední povrchová teplota podlahových krytin neměla překročit hodnoty pro:

- | | |
|---|-------------|
| – místnosti a pracovní prostory, kde osoby převážně stojí | 26 až 27 °C |
| – ostatní obytné místnosti, administrativa | 28 až 29 °C |
| – chodby, předsíně, galerie | 30 °C |
| – koupelny, kryté bazény | 33 °C |
| – okrajové zóny, oblasti s nízkým výskytem osob | 35 °C |

[7]

A.4.2 Normové hodnoty tepelného odporu vrstev

Tepelný odpor R je veličina vyjadřující, jakou plochou konstrukce a při jakém rozdílu teplot dojde na jejích površích k přenosu 1 W, tedy k přenosu energie o velikosti 1 J za 1 s.

Tepelný odpor pro jednu vrstvu konstrukce:

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}]$$

d ...tloušťka vrstvy [m]

λ ...součinitel tepelné vodivosti materiálu [W/(m.K)]

Tepelný odpor izolační vrstvy pod soustavou podlahového vytápění musí být dle normy ČSN EN 1264-4 minimálně hodnoty:

- | | |
|--|------|
| – je-li spodní místnost vytápěná | 0,75 |
| – je-li spodní místnost vytápěná přerušovaně či nevytápěná nebo jedná-li se o podlahovou konstrukci na zemině (hladina spodní vody je vzdálena více než 5 m) | 1,25 |
| – pro oblasti s výpočtovou venkovní teplotou od -5 do -15 °C včetně | 2,00 |

Pokud je součinitel tepelná vodivosti tepelně izolační vrstvy nejvýše 0,038 W/(m.K), výše uvedeným požadavkům jsou vyhovující minimální tloušťky izolačních vrstev pro:

- | | |
|--|------|
| – konstrukce mezi jednotlivými podlažími | 3 cm |
| – podlah na zemině | 5 cm |
| – konstrukcí nad venkovním prostředím | 8 cm |

Izolace musí mít nízkou stlačitelnosti s deformací maximálně 5 mm. Doporučuje se používat izolační desky o objemové hmotnosti alespoň 30 kg/m³. [7]

Tepelný odpor podlahových krytin u podlahového vytápění nesmí dle normy překročit hodnotu 0,15 m².K/W.

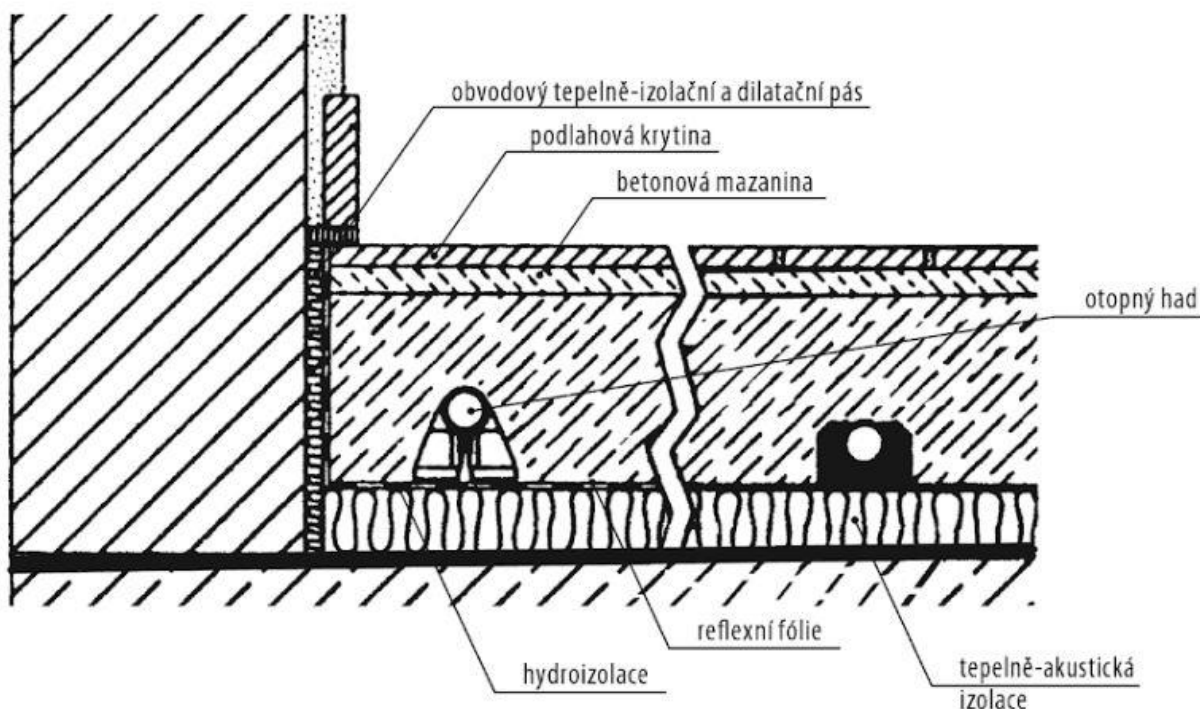
A.5 Konstrukce a provedení podlahové otopné plochy

A.5.1 Konstrukce podlahové otopné plochy

Konstrukce podlahové otopné plochy vychází z termínu **plovoucí podlaha**. Znamená to, že vlastní konstrukce otopné plochy není pevně spojena s nosnou částí podlahy, ale jakoby na ní plave, čímž jsou umožněny veškeré dilatační změny.

Konstrukci podlahové plochy provedené mokřím způsobem tvoří:

- podkladový beton
- obvodový izolační a dilatační pás
- tepelně akustická izolace
- hydroizolační, reflexní či termoreflexní fólie
- otopný had
- betonová mazanina
- podlahová krytina



Obrázek 5: Řez konstrukcí podlahové plochy – mokrá způsob provedení [1]

Podkladový beton je nosnou částí, která tvoří podklad pro samotnou otopnou plochu. Tato vrstva musí být navržena na zatížení, které vznikne po zalití otopného hadu betonovou mazaninou o výšce 4 až 6 cm. V případě, že umožňuje pronikání vlhkosti do konstrukce, musí být opatřen hydroizolační fólií o minimální tloušťce 0,2 mm. Velké nebo nepravidelné plochy je nutné rozdělit na dilatační celky s maximální plochou 40 m².

Obvodový izolační a dilatační pás se klade podél všech stěn a sloupů vytápěné místnosti a do dilatačních spár. Musí být souvislý s minimální tloušťkou 5 mm a v architektonicky komplikovanějších místech jako jsou sloupy, rohy či výklenky pevně uchycen.

Tepelně akustická izolace se klade po odstranění nerovností a nečistot nosné části a položení obvodových pásů. Musí splňovat normové požadavky (viz kapitola A.4.2). Tato izolace může být v podobě samostatných desek či jako tzv. roll-jet a fold-jet opatřených upevňovací tkaninou, což umožňuje vytvářet systémové role nebo systémové desky. Izolační desky klademe těsně k sobě tak, aby vytvořily souvislou vrstvu. Tepelnou izolaci klademe od krajů místnosti k jejímu středu, čímž zároveň fixujeme obvodový izolační pás ke stěně.

Hydroizolační fólie z PVC, PE, reflexní či termoreflexní fólie se klade volně na povrch izolačních desek, přičemž okraje jednotlivých pásů se překrývají minimálně o 20 až 30 cm a po obvodě místnosti se vytahují nad okraj obvodového dilatačního pásu. Často používané jsou kombinované fólie, která plní jak funkci hydroizolační, tak reflexní. V případě použití systémových desek fólie odpadá, neboť systémové desky jsou povrchově upraveny tak, aby převzaly její funkci.

Otopný had může být kladen několika způsoby (viz kapitola A.5.5), proveden z různých materiálů (viz kapitola A.5.6) a upevněn mnoha variantami (viz kapitola A.5.4).

Betonová mazanina musí být obohacena plastifikátory pro lepší zatékání pod a kolem trubek, čímž se eliminují vzduchové kapsy okolo trubek otopného hadu a zajistí se optimální vedení tepla od stěny trubky na povrch otopné plochy.

Podlahová krytina musí vyhovovat normovému požadavku (viz kapitola A.4.2), což běžné podlahové krytiny splňují. Nejvhodnější krytinou jsou keramické či kamenné dlaždice do výšky 60 mm, jelikož je vhodné používat krytiny s vyšší tepelnou vodivostí. Naopak se nedoporučují textilní krytiny s délkou vlasu nad 10 mm nebo pěnovou podložkou, parkety z měkkého dřeva a PVC s pryžovou podložkou. Pro lepší vedení tepla se krytina pevně fixuje k podkladu. Veškeré podlahové krytiny, lepidla a tmely musí být výrobcem označeny jako materiály vhodné pro podlahové vytápění. [1]

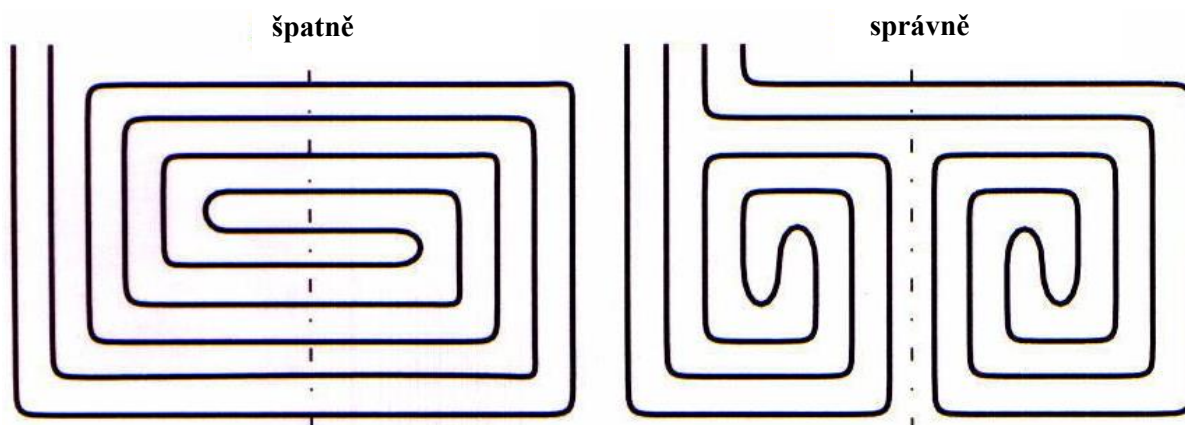
A.5.2 Dilatační celky

Dilatace je z hlediska odolnosti a trvanlivosti plovoucí podlahy její nejdůležitější součástí, neboť umožňuje skutečné rozpínání podlahy a zabraňuje nežádoucím deformacím a vzniku trhlin.

Okrajová spára odděluje otopnou desku od stěn a dalších pevně spojených nebo procházejících konstrukcí nosnou vrstvou. Musí dosahovat od nosného základu až k povrchu dokončené podlahy a musí umožnit pohyb minimálně o 5 mm. Izolační obvodový pás vyplňující okrajovou spáru je vyhotoven z tepelně izolačního materiálu jako je polystyrenová nastojato uložená deska nebo přímo okrajovou dilatační páskou s PE fólií, která překrývá systémové role nebo izolační desky. Pokud je podlahová konstrukce opatřena PE fólií, musí se tato fólie přetáhnout i přes materiál tvořící okrajovou spáru. Okrajová spára zároveň chrání před vedením tepla do obvodových stěn a zamezuje přenášení zvuku.

Dilatační spára je nutná vyhotovit v případě velkých nebo nepravidelných ploch. Rozděluje jednotlivé vrstvy v celém jejich průřezu od tepelné izolace až k povrchu podlahy, přičemž při pokládce tvrdé krytiny (keramika, kámen) musí být tato spára dodržena. Nikdy nesmí dojít k překrytí spáry souvislou vrstvou potěru. Šířka dilatační spáry má být 8 až 10 mm. O umístění dilatačních spár rozhoduje ve fázi vypracování projektové dokumentace stavař nebo statik a koordinuje je se specialistou topenářem. Topné okruhy jsou navrženy dle rozmístění dilatačních spár tak, aby jimi procházely v obvyklých případech jen trubky přívodu a vratu, které musí být v místě prostupu opatřeny chráničkou délky 300 až 500 mm.

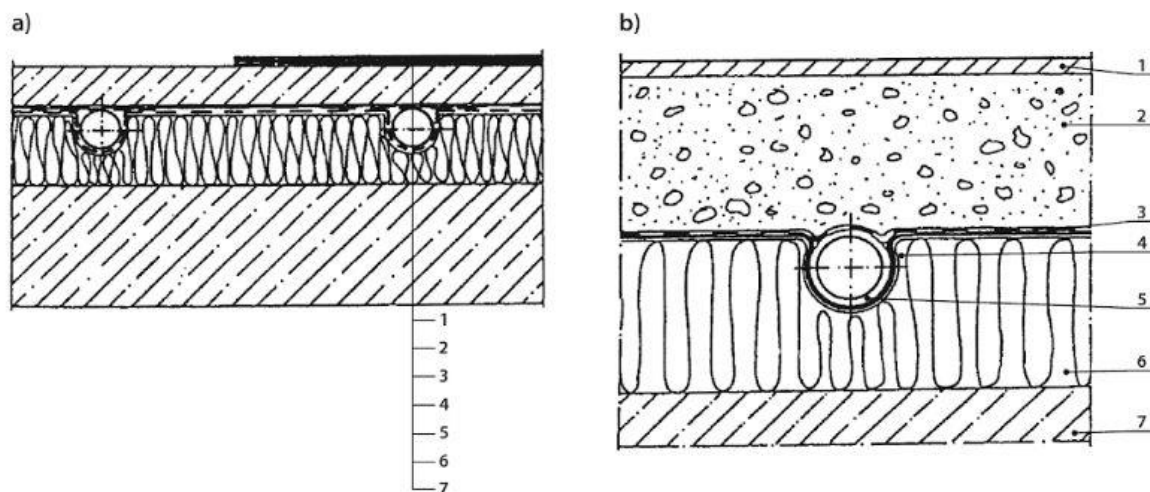
Velikost dilatačních celků je závislá na materiálovém složení otopné vrstvy, způsobu vyztužení, tvaru desky, technologii provádění a podlahové krytině. U nevyztužené betonové mazaniny by plocha pole neměla překročit 40 m² a 400 m² při použití anhydritové mazaniny. Plochy vymezené dilatačními celky by pokud možno měly být čtvercového půdorysu s největší délkou jedné strany 8 m a maximálním poměrem stran 1:2. V případě roznášecí vrstvy s keramikou nebo kamenem, kde to stavebně-statické řešení desky dovolí, může být plocha spárování desky větší, avšak místnost musí být obdélníkového půdorysu do poměru stran 1:2. [1]



Obrázek 6: Uspořádání topných okruhů v dilatačních celcích [8]

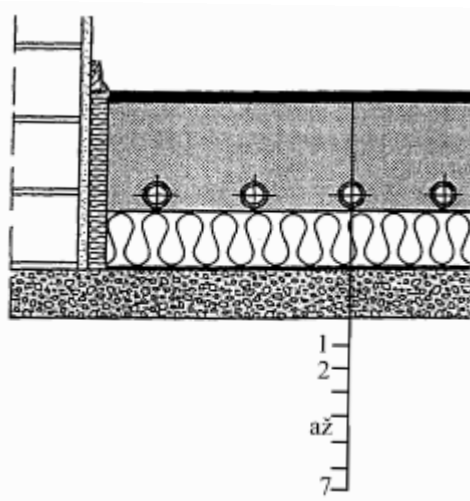
A.5.3 Způsoby provedení otopné plochy

Suchý způsob provedení se vytvoří tak, že se potrubí uloží do izolační vrstvy, přičemž oddělení trubek od cementového potěru zajišťuje plastová nebo kovová fólie. Takto vytvořená podlaha pracuje s vyššími teplotami otopné vody, kdy se teplota přírodní otopné vody pohybuje v rozsahu 40 až 70 °C. Tento způsob se využívá v případech, kde dostačuje měrný tepelný výkon 50 W/m². Příkladem může být prostředí, kde stačí pouze temperovat, či kde se požaduje nízká konstrukční výška podlahy, což nastává při rekonstrukcích. [1]



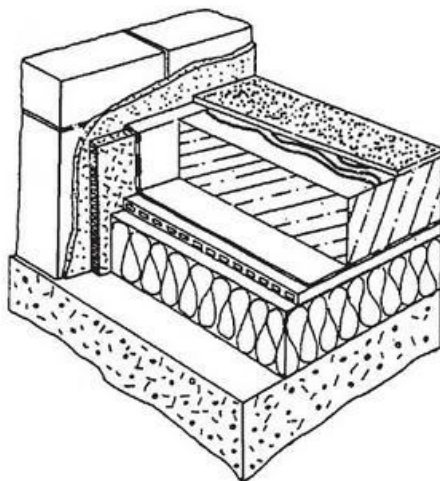
Obrázek 7: Suchý způsob provedení otopné plochy: a) řez otopnou plochou, b) detail uložení trubky (1 - podlahová krytina, 2 - cementový potěr, 3 - hydroizolace, 4 - fólie, 5 - otopný had, 6 - tepelná izolace, 7 - nosná podlaha) [1]

Mokrý způsob provedení je takový, kdy je otopný had zalit přímo v betonové nebo anhydritové mazanině nad tepelně zvukovou izolací. Betonová mazanina musí být obohacena o plastifikátory, které zajistí zatékání pod a kolem trubek, přičemž minimální tloušťka vrstvy nad trubkami je 45 mm. Výhodou použití anhydritové mazaniny je, že dilatační celky mohou plošně přesahovat 40 m² a výška vrstvy nad trubkami postačí 35 mm, avšak její použití není vhodné v prostorách s vysokou vlhkostí. Předpokládaná teplota přírodní otopné vody je 35 až 55 °C. Podlaha pracuje s měrným tepelným výkonem nad 50 W/m². [1]



Obrázek 8: Mokrý způsob provedení otopné plochy – řez otopnou plochou (1 - podlahová krytina, 2 - cementový potěr, 3 – otopný had, 4 - hydroizolace, 5 - tepelná izolace, 6 – hydroizolace, 7 - nosná podlaha) [9]

Modulové klima podlahy jsou duté profilované desky či pásy (moduly) s malými průtočnými průřezy. Kladou se na tepelnou izolaci jako souvislá plocha a hydraulicky se mezi sebou propojují. Jejich výhodou je rovnoměrné rozložení povrchové teploty podlahy, vyšší pružnost otopné soustavy a nízká konstrukční výška. Takto vytvořená otopná podlaha pracuje s nízkými teplotami přírodní otopné vody a to v rozmezí 25 až 35 °C. V České republice se tyto systémy nevyužívají z důvodu zvýšených požadavků na čistotu otopné vody. [1]



Obrázek 9: Řez modulovou klima podlahou [1]

A.5.4 Způsoby upevnění potrubí při mokřém způsobu provedení

Na tuto vrstvu se upevňuje potrubí otopného hadu:

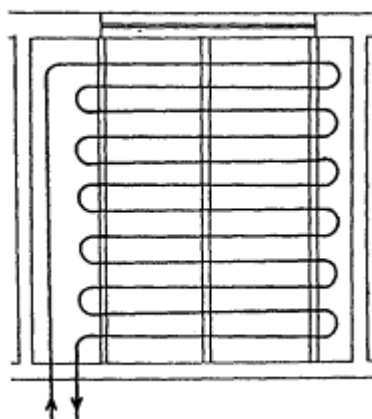
- přivázáním na síť
- plastovými příchytkami na síť
- připevněním na armovací síť
- vtlačováním do plastových lišt
- plastovými příchytkami do izolační desky
- vtlačováním do systémové desky
- spojováním lamelových kazet
- spojováním modulových klima podlah

Při upevňování plastovými příchytkami na síť se nejdříve položí kari síť, která se osadí příchytkami, do kterých se pak vtlačí trubka otopného hadu. Dalším způsobem je kladení plastových lišt na izolační vrstvu s následným vtlačováním trubek do předlisovaných otvorů v liště podle potřebné rozteče dané výpočtem. Velmi jednoduchým způsobem pokládky je fixace plastovými příchytkami do izolační vrstvy, kdy ručně či speciálním vtlačovacím náčiním upevňujeme trubky k tepelně izolační vrstvě tak, že perforujeme reflexní fólii i tepelně izolační vrstvu. V případě systémových desek je jejich horní část účelově tvarována do řady výstupků, mezi které se potrubí vtlačí v potřebné rozteči či v potřebném rádiu. [1]

Systémová řešení představující sestavy všech potřebných komponentů (potrubí, izolace, dilatační pásy, rozdělovače a sběrače, spojovací prvky, upevňovací prvky, pracovní nářadí, plastifikátory a další) nabízí většina firem specializujících se na podlahové vytápění. [7]

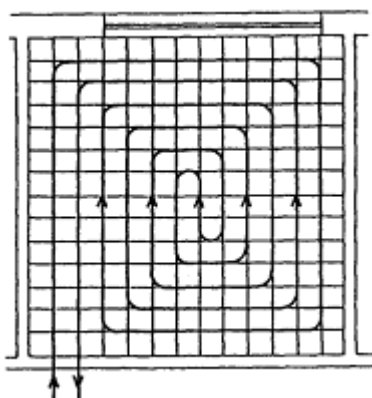
A.5.5 Způsoby pokládky trubních okruhů

Meandrový způsob pokládky má za následek pokles teploty otopné vody od obvodové konstrukce k vnitřní stěně, což umožňuje rovnoměrnější rozložení teplot ve vytápěné místnosti. Oblouky se tvarují pod úhlem 180°, proto se pro tento způsob pokládky používají potrubí menších průměrů.



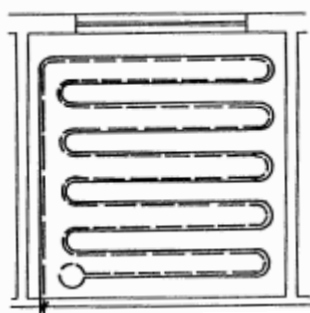
Obrázek 10: Meandrový způsob pokládky [9]

Plošná spirála zajišťuje rovnoměrnou povrchovou teplotu podlahy v celé její ploše. Nevýhodou je pokles vnitřní teploty vzduchu v horizontálním směru od vnitřní konstrukce ke konstrukci obvodové.

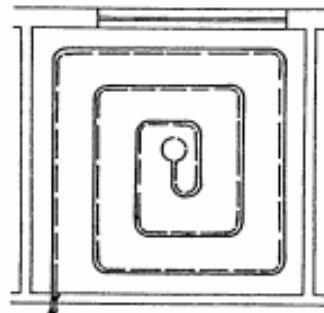


Obrázek 11: Plošná spirála [9]

Bifilární způsob pokládky se využívá k dosažení stejné povrchové teploty po celé podlaze, a to díky dvěma těsně vedle sebe ležícím potrubím. Tohoto výsledku lze nejlépe dosáhnout v případě meandrového bifilárního způsobu pokládky.

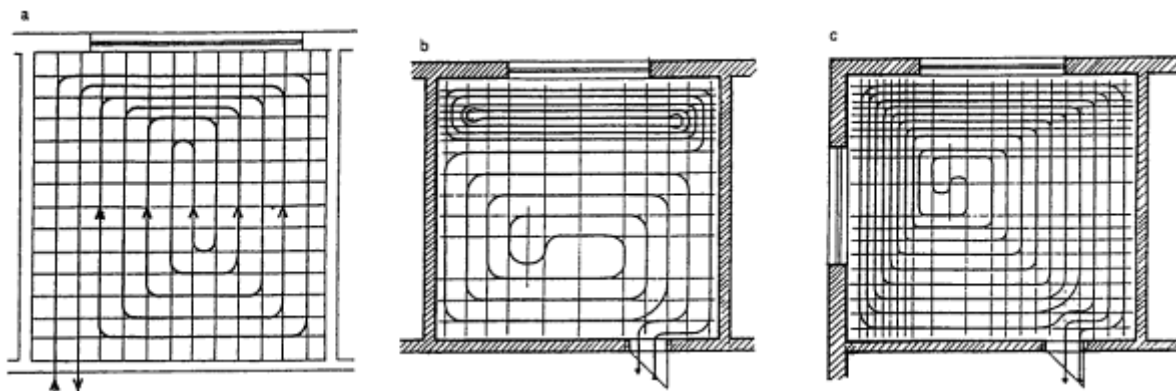


Obrázek 12: Bifilární způsob pokládky – plošná spirála [9]



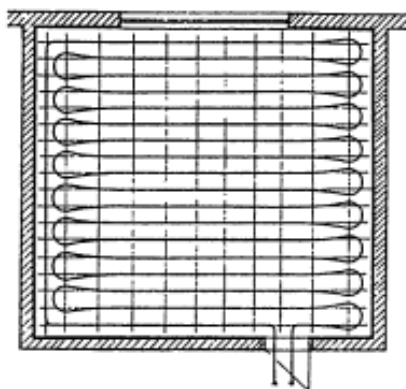
Obrázek 13: Meandrový bifilární způsob pokládky [9]

Všechny způsoby umožňují kladení s okrajovou intenzivní zónou. **Okrajová zóna** částečně eliminuje negativní vliv ochlazovaných konstrukcí na vytváření místní tepelné nepohody. Umisťuje se k okenní stěně či do rohu objektu o maximální šířce 1 m. V tomto prostoru je povolena vyšší střední povrchová teplota otopné plochy a potrubí je zde kladeno s menší roztečí, tedy větším zhuštěním.

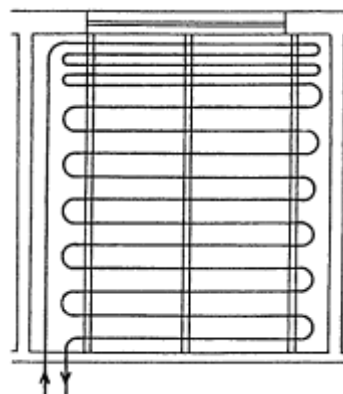


Obrázek 14: Kladení ve tvaru spirály

a) s okrajovou zónou u okenní stěny; b) s okrajovou zónou zvlášť vytvořenou; c) s okrajovou zónou v rohu objektu [9]



Obrázek 15: Meandrový způsob pokládky – bez okrajové zóny [9]



Obrázek 16: Meandrový způsob pokládky – s okrajovou zónou [9]

A.5.6 Materiály potrubí

Pro otopné hady podlahového vytápění se používá potrubí z:

- nerez (chromniklové oceli)
- mědi
- plastů
- vícevrstvé trubky

Nerezové potrubí naráželo v praxi na problém spojování, jelikož svařování v tomto případě vyžaduje speciální technologický postup, aby nedocházelo k nežádoucí rekrytalizaci. Po vyvinutí spoje nerezových trubek lisovanými objímkami z autentické nerezové oceli se však začalo využívat především u prestižních staveb v zahraničí.

Měděné potrubí pro podlahové vytápění se vyrábí z dezoxidované mědi (SF-Cu) s obsahem čisté mědi minimálně 99,90 %. Používají se především měkké trubky F22 dodávané ve svitcích s pevností

220 N/mm², které jsou povlakovány PVC, což zabraňuje poškození mechanickými i chemickými účinky potěru či výztuže a zároveň částečně umožňuje dilataci.

Plastové potrubí vykazuje v dnešní době největší uplatnění. U teplovodního podlahového vytápění se nejčastěji používají tyto materiály: síťovaný polyetylén (PE-X), polypropylen blokový kopolymer (PP-B), polypropylen statistický kopolymer (PP-R), polybuten (PB), chlorovaný polyvinylchlorid (C-PVC) a polyvinylidenfluorid (PVDF). Nejvhodnějším materiálem je síťovaný polyetylén třídy A (PE-Xa). Výchozí surovinou síťovaného polyetylenu je vysokohustotní polyetylén, u něhož se při vysoké teplotě pomocí peroxidu vodíku dosáhne zesíťování molekulových řetězců. Tím se vylepší především teplotní a tlaková odolnost, odolnost proti šíření trhlin a nárazová houževnatost. Zároveň nám poskytne ochranu proti difúzi kyslíku přes stěnu trubky do otopné vody. Spojování se provádí mechanickými spojkami.

Vícevrstvé potrubí se skládá ze základní plastové trubky, hliníkového pláště navíjeného ve šroubovici nebo s podélným švem a ochranné plastové trubky. Kovová vrstva tvořící kyslíkovou bariéru zvyšuje pevnost a zároveň snižuje délkovou roztažnost trubky. Potrubí se spojuje polyfúzním svařováním nebo mechanickými spojkami. [1, 10]

A.6 Tepelně technický výpočet teplovodního podlahového vytápění

Tepelný výkon podlahové otopné plochy Q_p , neboli hustota tepelného toku směrem nahoru násobená vytápěnou plochou, musí pokrýt tepelnou ztrátu místnosti. Pokud tomu tak není, je nutné navrhnout doplňková otopná tělesa. Podlahové vytápění se neumísťuje pod pevně zabudované zařizovací předměty jako jsou vany nebo vestavěné skříně ani pod kuchyňské linky. Při návrhu je nutné zohlednit, že plocha zakrytá nábytkem dosedajícím celou plochou na podlahovou krytinu neumožní přenos tepla, je zde tedy nulový výkon, a plocha zakrytá nábytkem na nízkých nožkách umožní výkon pouze třetinový.

Součinitele přestupu tepla na vytápěné straně desky (A) a na nevytápěné straně desky (B):

$$U_A = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_A} + \sum_1^n \frac{a_n}{\lambda_n}} \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{K)]}$$

$$U_B = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_B} + \sum_1^n \frac{b_n}{\lambda_n}} \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{K)]}$$

α_A	...součinitel přestupu tepla na vytápěné straně desky [W/(m ² .K)]
α_B	... součinitel přestupu tepla na nevytápěné straně desky [W/(m ² .K)]
a, b	...tloušťky vrstev stejných tepelných vlastností [m]
λ	...tepelná vodivost materiálu příslušné vrstvy [W/(m.K)]

Za předpokladu vedení tepla všemi směry od válcového zdroje lze otopnou desku z hlediska sdílení tepla charakterizovat podle Kollmara součinitelem m .

Součinitel charakteristiky desky:

$$m = \sqrt{\frac{2(U_A + U_B)}{\pi^2 \cdot \lambda_d \cdot d}} \text{ [m}^{-1}\text{]}$$

λ_d	...tepelná vodivost vrstvy, ve které jsou uloženy trubky [W/(m.K)]
d	...vnější profil trubek [m]

Výpočet střední teploty v rovině proložené osami zdrojů tepla t_s a střední povrchové teploty t_p se liší podle toho, jestli je na obou stranách desky stejná teplota či nikoliv. Návrh musí respektovat hygienicky a fyziologicky přípustné hodnoty střední povrchové teploty otopné plochy (viz kapitola A.4.1).

Předpokládané stejné podmínky na obou stranách desky

Střední teplota v rovině proložené osami zdrojů tepla při stejných teplotách na stranách desky:

$$t_s = (t_t - t_i) \frac{\tanh\left(m \cdot \frac{L}{2}\right)}{m \cdot \frac{L}{2}} + t_i \quad [^{\circ}\text{C}]$$

t_t ... průměrná teplota vložených zdrojů tepla (potrubí) [$^{\circ}\text{C}$]

t_i ... vnitřní výpočtová teplota [$^{\circ}\text{C}$]

L ... osová vzdálenost potrubí (rozteč) [m]

Střední povrchová teplota podlahové otopné plochy při stejných teplotách na stranách desky na vytápěnou stranu (A) a na nevytápěnou stranu (B):

$$t_{pA} = \frac{U_A}{\alpha_A} (t_s - t_i) + t_i = \frac{U_A}{\alpha_A} (t_m - t_i) \frac{\tanh\left(m \cdot \frac{L}{2}\right)}{m \cdot \frac{L}{2}} + t_i \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$t_{pB} = \frac{U_B}{\alpha_B} (t_s - t_{iB}) + t_{iB} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

t_m ... střední teplota otopné vody [$^{\circ}\text{C}$]

t_{iB} ... vnitřní výpočtová teplota na nevytápěné straně, teplota exteriéru či zeminy [$^{\circ}\text{C}$]

Předpokládané rozdílné podmínky na obou stranách desky

Střední povrchová teplota v rovině proložené osami zdrojů tepla při různých teplotách na stranách desky:

$$t_s = t_i + (t_m - t_i) \frac{\tanh\left(m \cdot \frac{L}{2}\right)}{m \cdot \frac{L}{2}} - \frac{U_B}{U_B + U_A} \left(1 - \frac{\tanh\left(m \cdot \frac{L}{2}\right)}{m \cdot \frac{L}{2}}\right) (t_i - t_{iB}) \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Střední povrchová teplota podlahové otopné plochy při různých teplotách na stranách desky na vytápěnou stranu (A) a na nevytápěnou stranu (B):

$$t_{pA} = \frac{U_A}{\alpha_A} (t_s - t_{iA}) + t_{iA} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$t_{pB} = \frac{U_B}{\alpha_B} (t_s - t_{iB}) + t_{iB} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad [7]$$

A.6.1 Tepelný výkon a příkon otopné plochy

Tepelný příkon otopné plochy se skládá z tepelného výkonu směrem do vytápěné místnosti a tepelného výkonu směrem dolů. Jedná se o množství tepla, které musí do podlahového vytápěcího systému dodat zdroj tepla.

Hustota tepelného toku (měrný tepelný výkon) na vytápěnou stranu (A) a na nevytápěnou stranu (B):

$$q_A = U_A \cdot (t_s - t_i) = \alpha_A (t_{pA} - t_i) \quad [\text{W/m}^2]$$

$$q_B = U_B \cdot (t_s - t_{iB}) = \alpha_B (t_{pB} - t_{iB}) \quad [\text{W/m}^2]$$

Jestliže známe množství tepla, které chceme systémem podlahového vytápění dodat do místnosti, a půdorysnou plochu pro podlahové vytápění, můžeme stanovit požadovanou hustotu tepelného toku směrem do místnosti.

Požadovaná hustota tepelného toku (měrný tepelný výkon) směrem do vytápěné místnosti:

$$q_{A,požad} = \frac{Q_z}{S_p} \quad [W/m^2]$$

Q_z ...tepelná ztráta místnosti [W]

S_p ...otopná plocha místnosti [m²]

Tepelný výkon směrem do vytápěné místnosti:

$$Q_P = q_A \cdot S_p \quad [W]$$

Měrný tepelná příkon:

$$q = q_A + q_B \quad [W/m^2]$$

Celkový tepelný příkon:

$$Q_{PC} = (q_A + q_B) \cdot S_p \quad [W]$$

[7]

A.7 Hydraulický výpočet teplovodního podlahového vytápění

Z hlediska hydrauliky je žádoucí, aby měl každý okruh rozdělovače při požadovaném průtoku přibližně stejnou tlakovou ztrátu. Pokud tomu tak není, můžeme hydraulické seřízení provést na seřizovací armatuře (ventilu) u rozdělovací stanice. Aby byly okruhy při požadovaných průtocích hydraulicky seřizeny, budou se okruhy s menší tlakovou ztrátou (obvykle kratší), než je tlaková ztráta nejnepříznivějšího okruhu, škrtit. Délka potrubí všech okruhů by měla být přibližně stejná a neměla by přesáhnout 120 m. Celková tlaková ztráta jednoho okruhu podlahového vytápění by neměla překročit hodnotu 30 kPa a zároveň by rychlost proudění otopné vody měla být maximálně 0,5 m/s u bytové výstavby a 0,7 m/s u průmyslových objektů. Přestože jsou všechny tyto podmínky splněny, může být vzájemné hydraulické vyvážení okruhů z důvodu velmi rozdílných požadovaných průtoků a s tím souvisejících tlakových ztrát obtížné.

Hmotností průtok:

$$M = \frac{Q_{PC}}{1,163 \cdot \Delta t} \quad [kg/hod]$$

$$\Delta t = t_{přívod} - t_{vrat} \quad [K]$$

Q_{PC} ...celkový tepelný příkon otopného hadu [W]

Průtokový součinitel pro nastavení seřizovacích armatur:

$$k_v = \frac{0,01 \cdot M}{\sqrt{\Delta p_{vn}/1000}} \quad [m^3/h]$$

Δp_{vn} ...tlaková ztráta (rozdíl) na seřizovací armatuře [Pa]

Přibližné určení délky potrubního okruhu:

$$l = \frac{S_p}{L} + \text{délka připojovacího potrubí (přívod + vrat)} \quad [m]$$

S_p ...otopná plocha otopného hadu stejné rozteče [m²]

L ...osová vzdálenost potrubí (rozteč) [m]

[7]

A.7.1 Tlaková ztráta potrubí

Tlaková ztráta třením je způsobena jednotlivými, různou rychlostí se pohybujícími vrstvami viskózní kapaliny a třením o pevné vedení.

Tlaková ztráta třením:

$$\Delta p_{\lambda} = R \cdot l \text{ [Pa]}$$

$$R \cdot l = \frac{\lambda \cdot w^2 \cdot \rho}{2 \cdot d} \cdot l$$

R	...měrná ztráta třením [Pa/m]
l	...délka potrubí [m]
λ	...součinitel tření
w	...rychlosti proudění vody [m/s]
ρ	...hustota otopné vody závislá na teplotě [kg/m ³]
d	...vnitřní průměr potrubí [m]

Tlaková ztráta místními odpory je obecně způsobená změnou proudění, deformací rychlosti pole u lokálních ztrát při změnách průřezů a tras potrubí, protékání armaturami apod. U podlahové otopné plochy jsou místními odpory pouze oblouky otopného hadu.

Tlaková ztráta místními odpory:

$$\Delta p_{\xi} = \sum \xi \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \text{ [Pa]}$$

ξ ...součinitel místního odporu [-]

Při minimálním poloměru ohybu D (kde D je vnější profil potrubí) je součinitel místního odporu pro 90° oblouk roven hodnotě 0,25. Se zvyšující se hodnotou poměru zakřivení r/D se hodnota součinitele snižuje. Součet součinitelů je závislý na počtu ohybů a jejich poloměru v závislosti na způsobu pokládky.

Součet součinitelů místních odporů pro meandrový způsob pokládky:

$$\sum \xi = 2 \cdot (n - 1) \cdot \xi_{\varphi} \text{ [-]}$$

Součet součinitelů místních odporů pro způsob pokládky do spirály:

$$\sum \xi = (n - 1) \cdot \xi_{\varphi} \text{ [-]}$$

n ...počet řad trubek otopného hadu [-]
 ξ_{φ} ...součinitel místního odporu pro oblouk o úhlu φ

Celková tlaková ztráta každého okruhu podlahového vytápění se skládá z tlakové ztráty třením, místními odpory a z tlakové ztráty regulačních armatur (ventilu u rozdělovací stanice).

Celková tlaková ztráta:

$$\Delta p_z = \Delta p_{\lambda} + \Delta p_{\xi} + \Delta p_v = R \cdot l + Z + \Delta p_v \text{ [Pa]}$$

[1, 7]



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

B. VÝPOČTOVÁ ČÁST

COMPUTATIONAL PART

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Karolína Železná

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARCELA POČINKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2019

B.1 Analýza objektu

Budova mateřské školy ve městě Kuřim v Jihomoravském kraji se nachází na rovinném pozemku, samostatně stojící v městské zástavbě, ve výšce přibližně 284 metrů nad mořem. Venkovní výpočtová teplota této oblasti je $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Jedná se o nepodsklepenou, jednopodlažní budovu přibližně tvaru kvádrů o půdorysných rozměrech $62,52 \times 17,8\text{ m}$. Objekt je vyzděný z keramických tvárnic tloušťky 380 mm a zateplený tepelnou izolací tloušťky 120 mm. Podlaha je opatřena tepelnou izolací tloušťky 140 mm. Výplně otvorů jsou v případě oken plastové s izolačním trojsklem, dveře jsou dřevohliníkové. Zastřešení je dvouplášťovou plochou střechou s tepelnými izolacemi tloušťky 200 mm a 60 mm a větranou vzduchovou mezerou. Užitná plocha je $771,17\text{ m}^2$, obestavěný prostor $3553,44\text{ m}^3$.

Vnitřní dispozice objektu zahrnuje všechny potřebné místnosti pro provoz mateřské školy. Místnosti na jihozápadní straně budovy jsou určeny pro pobyt dětí. Provozní místnosti jsou orientovány převážně na severovýchodní straně. Technická místnost je určena pro zdroj tepla a přípravu teplé vody. Ve strojovně vzduchotechniky se nachází vzduchotechnická jednotka se zpětným výměníkem tepla zajišťující nucené větrání v celém objektu.

B.2 Výpočet tepelný ztrát

Přesný výpočet tepelných ztrát a návrh vnitřních výpočtových teplot místností objektu byl proveden dle normy ČSN EN 12 831-1 - Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu.

B.2.1 Stanovení a posouzení součinitele prostupu tepla konstrukcí

Součinitel prostupu tepla a tepelný odpor jsou základními veličinami pro stanovení tepelných ztrát konstrukcí. Součinitel prostupu tepla $U\text{ [W/(m}^2\text{.K)]}$ vyjadřuje množství tepla, které unikne konstrukcí o ploše 1 m^2 při rozdílu teplot 1 K před a za konstrukcí. Tepelný odpor $R\text{ [m}^2\text{.K/W]}$ vyjadřuje, jakou plochou konstrukce a při jakém rozdílu teplot dojde na jejích površích k přenosu 1 W , tedy k přenosu energie o velikosti 1 J za 1 s .

Dle ČSN 73 0540-2 – Tepelná ochrana budov je z hlediska šíření tepla nutné, aby konstrukce splňovaly požadované normové hodnoty součinitele prostupu tepla dle přílohy P1 této normy.

Podmínka pro pasivní budovy:

$$U \leq U_{\text{pas},20}$$

U ...výpočtový součinitel prostupu tepla konstrukce $[\text{W}/(\text{m}^2\text{.K})]$

$U_{\text{pas},20}$...normový součinitel prostupu tepla konstrukce pro pasivní budovy $[\text{W}/(\text{m}^2\text{.K})]$

Tepelný odpor stavební konstrukce:

$$R = \sum R_i = \sum \frac{d_i}{\lambda_i} \quad [\text{m}^2\text{.K/W}]$$

d_i ...tloušťka i -té vrstvy konstrukce $[\text{m}]$

λ_i ...součinitel tepelné vodivosti materiálu i -té konstrukce $[\text{W}/(\text{m.K})]$

VNĚJŠÍ OBVODOVÁ STĚNA – SO1

MATERIÁL	d_i [m]	λ_i [W/(m.K)]	R_i [m ² .K/W]
OMÍTKA VÁPENNÁ BAUMIT KLIMA S	0,010	0,880	0,011
TVÁRNICE POROTHERM 38 PROFI	0,380	0,108	3,519
LEPIDLO WEBER THERM	0,005	0,600	0,008
TEP. IZOLACE ISOVER GREY WALL	0,120	0,035	3,409
LEPIDLO WEBER THERM	0,005	0,600	0,008
AKRYLÁTOVÁ OMÍTKA WEBER.PAS	0,003	0,740	0,004

$$U_{SO1} = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} = \frac{1}{0,13 + 6,96 + 0,04} = 0,14 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$U_{SO1} = 0,14 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} < U_{pas,20} = 0,18 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \rightarrow \textbf{VYHOVUJE}$$

VNITŘNÍ STĚNA NOSNÁ – SN1

MATERIÁL	d_i [m]	λ_i [W/(m.K)]	R_i [m ² .K/W]
OMÍTKA VÁPENNÁ BAUMIT KLIMA S	0,010	0,880	0,011
TVÁRNICE POROTHERM 24 PROFI	0,240	0,280	0,857
OMÍTKA VÁPENNÁ BAUMIT KLIMA S	0,010	0,880	0,011

$$U_{SN1} = \frac{1}{R_{si} + R + R_{si}} = \frac{1}{0,13 + 0,88 + 0,13} = 0,88 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$U_{SN1} = 0,88 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} < U_{pas,20} = 1,80 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \rightarrow \textbf{VYHOVUJE}$$

VNITŘNÍ STĚNA NENOSNÁ – SN2

MATERIÁL	d_i [m]	λ_i [W/(m.K)]	R_i [m ² .K/W]
OMÍTKA VÁPENNÁ BAUMIT KLIMA S	0,010	0,880	0,011
TVÁRNICE POROTHERM 14 PROFI	0,140	0,260	0,538
OMÍTKA VÁPENNÁ BAUMIT KLIMA S	0,010	0,880	0,011

$$U_{SN2} = \frac{1}{R_{si} + R + R_{si}} = \frac{1}{0,13 + 0,56 + 0,13} = 1,22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$U_{SN2} = 1,22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} < U_{pas,20} = 1,80 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \rightarrow \textbf{VYHOVUJE}$$

VNITŘNÍ STĚNA NENOSNÁ – SN3

MATERIÁL	d_i [m]	λ_i [W/(m.K)]	R_i [m ² .K/W]
OMÍTKA VÁPENNÁ BAUMIT KLIMA S	0,010	0,880	0,011
TVÁRNICE POROTHERM 11,5 PROFI	0,115	0,260	0,442
OMÍTKA VÁPENNÁ BAUMIT KLIMA S	0,010	0,880	0,011

$$U_{SN3} = \frac{1}{R_{si} + R + R_{si}} = \frac{1}{0,13 + 0,47 + 0,13} = 1,37 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$U_{SN3} = 1,37 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} < U_{pas,20} = 1,80 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \rightarrow \textbf{VYHOVUJE}$$

PODLAHA NA TERÉNU S KERAMICKOU DLAŽBOU – P1

MATERIÁL	d_i [m]	λ_i [W/(m.K)]	R_i [m ² .K/W]
NÁŠLAPNÁ VRSTVA – DLAŽBA	0,008	1,010	0,008
SAMONIVELAČNÍ HMOTA CERESIT CN	0,007	0,990	0,007
BETONOVÁ MAZANINA	0,060	1,230	0,049
PE FÓLIE	0,001	0,200	0,005
ISOVER EPS GREY 100	0,140	0,033	4,301
MODIFIKOVANÝ ASFALTOVÝ PÁS	0,004	0,200	0,020
ŽELEZOBETONOVÁ ZÁKLADOVÁ DESKA	0,150	1,430	0,105

$$U_{P1} = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} = \frac{1}{0,17 + 4,39 + 0,00} = 0,22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$U_{P1} = 0,22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} < U_{pas,20} = 0,22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

PODLAHA NA TERÉNU S KOBERCEM – P2

MATERIÁL	d_i [m]	λ_i [W/(m.K)]	R_i [m ² .K/W]
ZÁTĚŽOVÝ KOBEREC	0,008	0,085	0,094
SAMONIVELAČNÍ HMOTA CERESIT CN	0,007	0,990	0,007
BETONOVÁ MAZANINA	0,060	1,230	0,049
PE FÓLIE	0,001	0,200	0,005
ISOVER EPS GREY 100	0,140	0,033	4,301
MODIFIKOVANÝ ASFALTOVÝ PÁS	0,004	0,200	0,020
ŽELEZOBETONOVÁ ZÁKLADOVÁ DESKA	0,150	1,430	0,105

$$U_{P2} = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} = \frac{1}{0,17 + 4,48 + 0,00} = 0,22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$U_{P2} = 0,22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} < U_{pas,20} = 0,22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

STROP – STR1

MATERIÁL	d_i [m]	λ_i [W/(m.K)]	R_i [m ² .K/W]
VĚTRANÁ VZDUCHOVÁ MEZERA	-	-	-
SKELNÁ VLNA ISOVER UNIROL PROFI	0,200	0,036	5,510
SKELNÁ VLNA ISOVER UNIROL PROFI	0,060	0,046	1,299
PAROZÁBRANA	0,001	0,200	0,005
NEVĚTRANÁ VZDUCHOVÁ MEZERA	0,600	0,188	3,191
KAZETOVÝ PODHLED	0,013	0,050	0,260

$$U_{STR1} = \frac{1}{R_{si} + \sum R + R_{se}} = \frac{1}{0,10 + 6,81 + 0,10} = 0,14 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$U_{STR1} = 0,14 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} < U_{pas,20} = 0,15 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

PLASTOVÁ OKNA S IZOLAČNÍM TROJSKLEM – O1

$$U_{O1} = 0,71 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} < U_{pas,20} = 0,80 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

DŘEVOHLINÍKOVÉ VCHODOVÉ DVEŘE – D1

$$U_{D1} = 0,80 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} < U_{pas,20} = 0,90 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

B.2.2 Přesný výpočet tepelné ztráty budovy

Tepelné ztráty se počítají pro každou místnost zvlášť a jejich součet tvoří celkovou přesnou tepelnou ztrátu celého objektu. Slouží pro návrh otopných ploch v jednotlivých místnostech a pro návrh zdroje tepla. Pro výpočet se uvažují nejnepríznivější parametry exteriéru a výpočtové teploty interiéru.

Celková tepelná ztráta

$$\Phi_{\text{celkem}} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad [\text{W}]$$

$$\Phi_{T,i} \quad \dots \text{tepelná ztráta prostupem tepla} \quad [\text{W}]$$

$$\Phi_{V,i} \quad \dots \text{tepelná ztráta větráním} \quad [\text{W}]$$

Tepelná ztráta prostupem

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) \quad [\text{W}]$$

$$\theta_{\text{int},i} \quad \dots \text{teplota ve vytápěném prostoru} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$\theta_e = -12 \text{ } ^{\circ}\text{C} \quad \dots \text{venkovní výpočtová teplota} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Tepelná ztráta prostupem obecně:

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta t \quad [\text{W}]$$

$$A \quad \dots \text{plocha} \quad [\text{m}^2]$$

$$U \quad \dots \text{součinitel prostupu tepla} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$$

$$\Delta t \quad \dots \text{rozdíl teplot} \quad [\text{K}]$$

Měrná tepelná ztráta obecně:

$$H = A \cdot U \quad [\text{W/K}]$$

Měrná tepelná ztráta do venkovního prostředí:

$$H_{T,ie} = \sum (A_k \cdot U_k \cdot e_k) + \sum (\psi_i \cdot l_i \cdot e_i) = \sum (A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k) \quad [\text{W/K}]$$

$$\psi_i \quad \dots \text{lineární činitel prostupu tepla tepelného mostu}$$

$$l_i \quad \dots \text{délka lineárního tepelného mostu} \quad [\text{m}]$$

$$e \quad \dots \text{korekční činitel zahrnující exponování, klimatické podmínky, rychlost větru}$$

Součinitel prostupu tepla zahrnující lineární tepelné mosty:

$$U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$$

$$\Delta U_{tb} \quad \dots \text{korekční součinitel prostupu tepla pro vliv tepelných mostů}$$

Měrná tepelná ztráta do nevytápěného prostoru (ven přes nevytápěný prostor):

$$H_{T,iue} = \sum (A_k \cdot U_k \cdot b_u) + \sum (\psi_i \cdot l_i \cdot b_u) = \sum (A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u) \quad [\text{W/K}]$$

$$b_u = \frac{(\theta_{\text{int},i} - \theta_u)}{(\theta_{\text{int},i} - \theta_e)} \quad \dots \text{součinitel redukce teploty}$$

$$\theta_u \quad \dots \text{teplota v nevytápěném prostoru} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Měrná tepelná ztráta do zeminy:

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \sum (A_k \cdot U_{\text{equiv},k}) \cdot G_w \quad [\text{W/K}]$$

$$f_{g1} = 1,45 \quad \dots \text{opravný součinitel uvažující vliv roční změny průběhu venkovní teploty}$$

$$f_{g2} = \frac{(\theta_{\text{int},i} - \theta_{m,e})}{(\theta_{\text{int},i} - \theta_e)} \quad \dots \text{opravný teplotní součinitel}$$

$\theta_{m,e}$	...teplota zeminy [°C]
$G_w = 1$	...opravný součinitel na vliv spodní vody (pokud níže než 1 m od úrovně podlahy pak 1,15)
$U_{equiv,k}$	...ekvivalentní součinitel prostupu tepla konstrukce v kontaktu se zeminou, stanoven z tabulky dle charakteristického čísla B a U_{podl} [W/(m².K)]

Měrná tepelná do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou:

$$H_{T,ij} = \sum (A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}) \quad [W/K]$$

$$f_{ij} = \frac{(\theta_{int,i} - \theta_j)}{(\theta_{int,i} - \theta_e)} \quad \dots \text{činitel teplotní redukce zahrnující rozdíl mezi teplotou přilehlého prostoru a venkovního prostředí}$$

$$\theta_j \quad \dots \text{teplota přilehlého prostoru [°C]}$$

Tepelná ztráta větráním

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [W]$$

Měrná tepelná ztráta větráním:

$$H_{V,i} = \rho \cdot c \cdot V_i = 0,34 \cdot V_i \quad [W/K]$$

Objemový tok vzduchu pro objekty bez větracího systému:

$$V_i = \max\{V_{inf,i}; V_{min,i}\} \quad [m^3/h]$$

Nejmenší požadované množství vzduchu z hygienických důvodů:

$$V_{min,i} = n_{min} \cdot V_m \quad [m^3/h]$$

$$n_{min} \quad \dots \text{minimální intenzita výměny vzduchu [h⁻¹]}$$

$$V_m \quad \dots \text{objem vytápěného prostoru [m³]}$$

Infiltrace pláštěm budovy:

$$V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \quad [m^3/h]$$

$$n_{50} \quad \dots \text{intenzita výměny vzduchu jako výsledek rozdílu tlaku mezi vnitřním a venkovním prostředím 50 Pa, z tabulky dle těsnosti pláště budovy [h⁻¹]}$$

$$e_i \quad \dots \text{stínící součinitel, z tabulky dle třídy stínění a počtu oken}$$

$$\varepsilon_i \quad \dots \text{korekční součinitel na výšku od úrovně terénu (vliv větru ve vyšších podlažích), střed výšky podlaží na terénu: do 10 m: 1; 10 až 30 m: 1,2; nad 30 m: 1,5}$$

Objemový tok vzduchu pro objekty s větracím systémem:

$$V_i = V_{inf,i} + V_{su,i} \cdot f_{v,i} + V_{mech,inf,i} \quad [m^3/h]$$

$$V_{su,i} \quad \dots \text{přívodní objemový tok vzduchu [m³]}$$

$$f_{v,i} = \frac{(\theta_{int,i} - \theta_{su})}{(\theta_{int,i} - \theta_e)} \quad \dots \text{činitel teplotní redukce zahrnující rozdíl teploty přilehlého prostoru}$$

$$\theta_{su} \quad \dots \text{teplota přiváděného vzduchu [°C]}$$

Celková tepelná ztráta objektu neboli návrhový tepelný výkon pro vytápění

$$Q_{VYT} = \Phi_{celkem} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i} \quad [W]$$

$$\Phi_{RH,i} \quad \dots \text{součet přídavných výkonů pro prostory s přerušovaným vytápěním}$$

Přesný výpočet tepelných ztrát prostupem a větráním pro každou místnost viz příloha č. 1.

Tabulka 1: Výpočet tepelných ztrát jednotlivých místností

Č.M	NÁZEV MÍSTNOSTI	t _i [°C]	S _p [m ²]	h [m]	V _m [m ³]	ZTRÁTY [W]		
						PROSTUPEM Φ _{T,i}	VĚTRÁNÍM Φ _{V,i}	CELKEM Φ _{celkem}
101	ZÁDVEŘÍ	15	2,97	2,85	8,46	131,03	4,66	135,69
102	CHODBA	20	86,39	2,85	246,21	1477,00	160,73	1637,73
103	ŠATNA	20	9,61	2,85	27,39	11,04	0,00	11,04
104	UMÝVÁRNA	24	8,34	2,85	23,77	180,15	244,80	424,95
105	WC	24	10,58	2,85	30,15	263,85	163,20	427,05
106	LOŽNICE	22	49,33	3,50	172,66	755,67	564,85	1320,52
107	JÍDELNA + HERNA	22	91,31	3,50	319,59	1435,73	714,67	2150,40
108	WC UČITELÉ	20	3,13	2,85	8,92	0,21	0,00	0,21
109	UMÝVÁRNA + SKLAD	15	4,39	2,85	12,51	-75,22	-51,00	-126,22
110	CHODBA	15	2,68	2,85	7,64	-20,31	0,00	-20,31
111	ÚKLID	15	1,53	2,85	4,36	-43,54	-51,00	-94,54
112	CHLAZENÝ ODPAD	15	2,13	2,85	6,07	-45,08	-51,00	-96,08
113	VÝDEJNA JÍDEL	20	26,18	3,50	91,63	343,02	35,89	378,91
114	WC VENKOVNÍ	5	1,65	3,50	5,78	-24,38	0,00	-24,38
115	UMÝVÁRNA VENKOVNÍ	5	1,80	3,50	6,30	22,95	1,31	24,26
116	WC VENKOVNÍ	5	1,65	3,50	5,78	14,50	0,00	14,50
117	JÍDELNA + HERNA	22	91,31	3,50	319,59	1455,58	714,67	2170,25
118	WC UČITELÉ	20	3,13	2,85	8,92	0,21	0,00	0,21
119	ŠATNA	20	9,61	2,85	27,39	11,04	0,00	11,04
120	UMÝVÁRNA	24	8,83	2,85	25,17	191,37	244,80	436,17
121	WC	24	11,28	2,85	32,15	224,21	163,20	387,41
122	LOŽNICE	22	49,33	3,50	172,66	790,18	564,85	1355,03
123	CHODBA	20	9,70	2,85	27,65	89,43	8,43	97,86
124	ŠATNA ZAMĚSTNANCI	20	6,22	2,58	16,05	42,13	0,00	42,13
125	VÝDEJNA JÍDEL	20	15,33	3,50	53,66	137,91	0,00	137,91
127	JÍDELNA + HERNA	22	91,31	3,50	319,59	1417,13	714,67	2131,80
128	WC UČITELÉ	20	3,13	2,85	8,92	0,21	0,00	0,21
129	ŠATNA	20	9,61	2,85	27,39	11,04	0,00	11,04
130	UMÝVÁRNA	24	8,34	2,85	23,77	180,15	244,80	424,95
131	WC	24	10,58	2,85	30,15	263,85	163,20	427,05
132	LOŽNICE	22	49,33	3,50	172,66	755,67	564,85	1320,52
133	ZÁDVEŘÍ	15	2,97	2,85	8,46	131,03	4,66	135,69
134	SBOROVNA	20	7,55	2,85	21,52	209,66	8,43	218,09
135	WC ZAMĚSTNANCI	20	2,91	2,85	8,29	118,53	3,25	121,78
136	SKLAD ČISTÉHO PRÁDLA	15	2,54	2,85	7,24	-103,78	0,00	-103,78
137	TECHNICKÁ MÍSTNOST	15	17,55	2,85	50,02	94,41	16,53	110,94
138	ŘEDITELNA	20	7,84	2,85	22,34	202,60	8,75	211,35
139	STROJOVNA VZT	15	20,56	2,85	58,60	81,67	19,37	101,04
140	WC INVALIDÉ	20	5,00	2,85	14,25	120,49	5,58	126,07
141	WC VEŘEJNOST	20	1,60	2,85	4,56	36,03	1,79	37,82
142	WC VEČERNOST	20	1,60	2,85	4,56	59,38	1,79	61,17
143	UMÝVÁRNA VEŘEJNOST	20	6,70	2,85	19,10	107,21	7,48	114,69
			765,69		2490,4	11053,96	5045,21	16099,17

B.3 Energetický štítek obálky budovy

Protokol k energetickému štítku obálky budovy

Identifikační údaje

Druh stavby	Mateřská škola
Adresa (místo, ulice, číslo, PSČ)	Brněnská 1775, 664 34 Kuřim
Katastrální území a katastrální číslo	kat. úz. Kuřim, par. č. 612/2
Provozovatel, popř. budoucí provozovatel	Město Kuřim, Jungmannova 968/75, 664 34 Kuřim
Vlastník, popř. stavebník	Město Kuřim
Adresa	Jungmannova 968/75, 664 34 Kuřim
Telefon / E-mail	+420 728 368 526 / mu@kurim.cz

Charakteristika budovy

Objem budovy V – vnější objem vytápěné zóny budovy, nezahrnuje lodžie, římsy, atiky a základy	2461,8 m ³
Celková plocha A – součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí ohraničujících budovu	2098,5 m ²
Objemový faktor tvaru budovy A / V	0,85 m ² /m ³
Převažující vnitřní teplota v otopném období θ_{in}	21 °C
Venkovní návrhová teplota v zimním období θ_e	-12 °C

Charakteristika energeticky významných údajů ochlazovaných konstrukcí

Ochlazovaná konstrukce	Referenční budova				Hodnocená budova			
	Plocha A_i [m ²]	Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{N,rq}$ [W/(m ² ·K)]	Činitel teplotní redukce b_i [-]	Měrná ztráta k-ce prostupem tepla $H_{T,i}=A_i \cdot U_i \cdot b_i$ [W/K]	Plocha A_i [m ²]	Součinitel prostupu tepla U_i [W/(m ² ·K)]	Činitel teplotní redukce b_i [-]	Měrná ztráta k-ce prostupem tepla $H_{T,i}=A_i \cdot U_i \cdot b_i$ [W/K]
SO1 – obvodová stěna	466,9	0,30	1,00	140,1	466,9	0,14	1,00	65,4
SO1 – obvodová stěna	21,0	0,30	0,73	4,6	21,0	0,14	0,73	2,1
O1 – okna	73,3	1,50	1,00	110,0	73,3	0,71	1,00	52,0
D1 – dveře	22,3	1,70	1,00	37,9	22,3	0,90	1,00	20,1
P1 – podlaha s dlažbou	335,6	0,45	0,48	72,5	335,6	0,22	0,48	35,4
P2 – podlaha s kobercem	421,9	0,45	0,48	91,1	421,9	0,22	0,48	44,6
STR1 – střecha plochá	757,53	0,24	0,91	165,4	757,53	0,14	0,91	96,5
Celkem	2098,5			621,6	2098,5			316,1
Tepelné vazby	$\sum A_i 0,02$			42,0	$\sum A_i 0,02$			42,0
Celková měrná ztráta prostupem tepla	$\sum H_{Ti}$			663,6	$\sum H_{Ti}$			358,1

Průměrný součinitel prostupu tepla	0,32	0,17
Klasifikační třída obálky budovy podle přílohy C	0,17/0,32=0,53	Třída B - úsporná

Konstrukce splňují požadavky na součinitele prostupu tepla podle ČSN 73 0540-2.

Stanovení prostupu tepla obálky budovy

Měrná ztráta prostupem tepla H_T	W/K	358,1
Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em} = H_T / A$	W/(m²·K)	0,17
Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{em,req} = 0,75 \cdot U_{em,N,20}$	W/(m ² ·K)	0,24
Požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{em,N,20}$	W/(m²·K)	0,32

Posouzení dle vyhlášky č. 78/1013 Sb.:

$U_{em,požad} = 0,5 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)} > U_{em} = 0,17 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

Požadavek na **stavebně energetickou vlastnost** budovy je **splněn**.

$0,7 \cdot U_{em,N,20} = 0,22 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)} > U_{em} = 0,17 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

Je **splněn** požadavek pro budovy s **téměř nulovou spotřebou energie**.

Klasifikační třídy prostupu tepla obálky hodnocené budovy

Klasifikační třída	Slovní vyjádření	Obecné vyjádření	Klasifikační ukazatel CI	Hodnota pro hodnocenou budovu
A	Velmi hospodárná	$U_{em} \leq 0,5 \cdot U_{em,N,20}$	0,50	0,16
B	Úsporná	$0,5 \cdot U_{em,N,20} < U_{em} \leq 0,75 \cdot U_{em,N,20}$	0,75	0,24
C	Vyhovující	$0,75 \cdot U_{em,N,20} < U_{em} \leq U_{em,N,20}$	1,00	0,32
D	Nevyhovující	$U_{em,N,20} < U_{em} \leq 1,5 \cdot U_{em,N,20}$	1,50	0,48
E	Nehospodárná	$1,5 \cdot U_{em,N,20} < U_{em} \leq 2,0 \cdot U_{em,N,20}$	2,00	0,64
F	Velmi nehospodárná	$2,0 \cdot U_{em,N,20} < U_{em} \leq 2,5 \cdot U_{em,N,20}$	2,50	1,2
G	Mimořádně nehospodárná	$U_{em} > 2,5 \cdot U_{em,N,20}$	>2,50	1,2

Klasifikace:

B – úsporná

Datum vystavení stavebně energetického štítku budovy:

30. 3. 2019

Zpracovatel energetického štítku budovy:

Karolína Železná

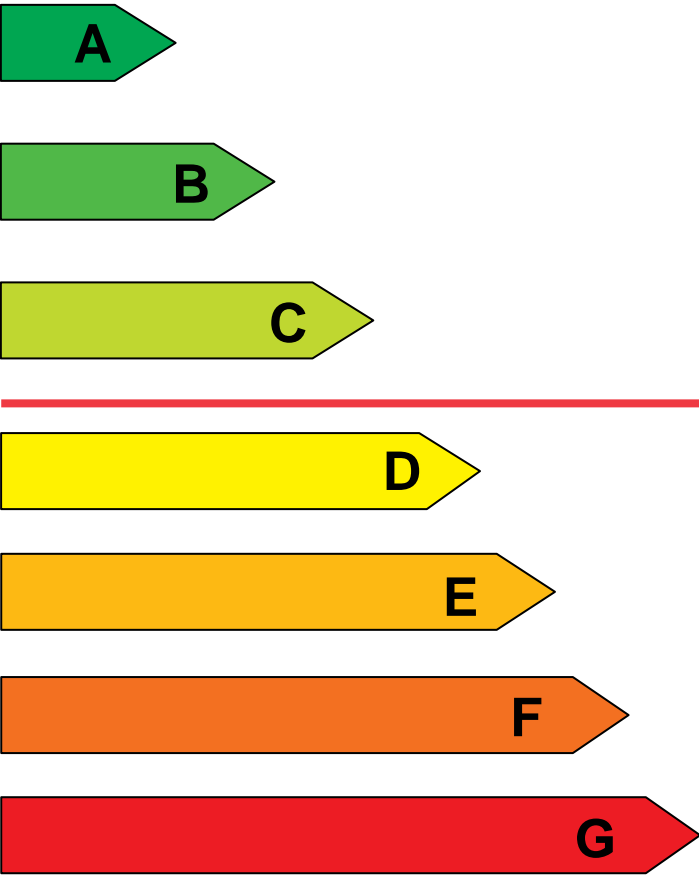
Podpis:

.....

Tento protokol a energetický štítek obálky budovy odpovídá směrnici evropského parlamentu a rady č. 2002/91/ES a prEN 15217. Byl vypracován v souladu s ČSN 73 0540-2/2011 a podle projektové dokumentace stavby.

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK

OBÁLKY BUDOVY

Mateřská škola kat. úz. Kuřim, par. č. 612/2					Hodnocení obálky budovy	
					stávající	doporučení
<p>CI</p>  <p>0,50</p> <p>0,75</p> <p>1,00</p> <p>1,50</p> <p>2,00</p> <p>2,50</p>					0,17	
Průměrný součinitel prostupu tepla obvodového pláště budovy $U_{em} = H_T / A$, ve $W/(m^2 \cdot K)$					0,17	
CI	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50
$U_{em,N,20}$	0,16	0,24	0,32	0,48	0,64	1,2
Platnost štítku			30. 3. 2029			
Štítek vypracoval			Karolína Železná			

B.4 Návrh vytápění

B.4.1 Návrh podlahového vytápění

Teplovodní podlahové vytápění je navrženo pro zvýšení tepelného komfortu především v místnostech, ve kterých bude frekventovaný pohyb dětí. Návrh je proveden podle normy ČSN EN 1264-2 – Zabudované vodní velkoplošné otopné a chladicí soustavy – Podlahové vytápění: Průkazné postupy pro stanovení tepelného výkonu výpočtovými a experimentálními metodami.

Bude použit mokrý způsob pokládky desky se zabetonovanými trubkami. Pro výpočet budeme uvažovat s vnějším profilem potrubí 17 mm, teplotou přívodu 38 °C a teplotou vratu 30 °C.

Střední povrchová teplota podlahové otopné plochy by z fyziologického hlediska neměla překročit hodnotu 29 °C pro pobytové místnosti a 33 °C pro místnosti určeny k hygieně. V okrajových zónách je dovolena hodnota 35 °C.

Součinitele přestupu tepla na vytápěné straně desky (A) a na nevytápěné straně desky (B):

$$U_A = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_A} + \sum_1^n \frac{a_n}{\lambda_n}} = 6,95 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

$$U_B = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_B} + \sum_1^n \frac{b_n}{\lambda_n}} = 0,22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

$\alpha_A \cong 8 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$...součinitel přestupu tepla na vytápěné straně desky

$\alpha_B \cong 1,7 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$... součinitel přestupu tepla na nevytápěné straně desky

a, b ...tloušťky vrstev stejných tepelných vlastností [m]

λ ...tepelná vodivost materiálu příslušné vrstvy [W/(m.K)]

Součinitel charakteristiky desky:

$$m = \sqrt{\frac{2(U_A + U_B)}{\pi^2 \cdot \lambda \cdot d}} = 8,34 \text{ m}^{-1}$$

$\lambda = 1,23 \text{ W/(m.K)}$...tepelná vodivost vrstvy, ve které jsou uloženy trubky

$d = 0,017 \text{ m}$...vnější profil potrubí

Další výpočty se liší v závislosti na teplotě interiéru dané místnosti.

Střední teplota v rovině proložené osami zdrojů tepla:

$$t_s = t_i + (t_m - t_i) \frac{\operatorname{tgh}\left(\frac{m \cdot L}{2}\right)}{\frac{m \cdot L}{2}} - \frac{U_B}{U_B + U_A} \left(1 - \frac{\operatorname{tgh}\left(\frac{m \cdot L}{2}\right)}{\frac{m \cdot L}{2}}\right) (t_i - t_z) \text{ [}^\circ\text{C]}$$

t_m ...průměrná teplota vložených zdrojů tepla (potrubí) [°C]

t_i ...vnitřní výpočtová teplota dané místnosti [°C]

t_z ...C, v tomto případě teplota zeminy [°C]

L ...osová vzdálenost potrubí (rozteč potrubí) [m]

Průměrná povrchová teplota na vytápěnou stranu (A) a na nevytápěnou stranu (B):

$$t_{pA} = \frac{U_A}{\alpha_A} (t_s - t_{iA}) + t_{iA} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

$$t_{pB} = \frac{U_B}{\alpha_B} (t_s - t_z) + t_z \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Měrný tepelný výkon otopné plochy:

$$q_A = \alpha_A (t_{pA} - t_i) \quad [\text{W/m}^2]$$

$$q_B = \alpha_B (t_{pB} - t_z) \quad [\text{W/m}^2]$$

$$q = q_A + q_B \quad [\text{W/m}^2]$$

Tepelný výkon směrem do vytápěné místnosti:

$$Q_P = q_A \cdot S_p \quad [\text{W}]$$

S_p ... celková otopná podlahová plocha [m^2]

Tabulka 2: Návrh podlahového vytápění pro teplotu interiéru 20 °C

L [m]	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
t_s [°C]	31,49	31,44	31,35	31,24	31,09
t_{pA} [°C]	28,21	28,17	28,11	28,03	27,93
t_{pB} [°C]	8,14	8,13	8,12	8,11	8,09
q_A [W/m ²]	65,66	65,36	64,88	64,22	63,40
q_B [W/m ²]	5,33	5,32	5,31	5,28	5,25
q [W/m ²]	70,99	70,68	70,18	69,50	68,65

Tabulka 3: Návrh podlahového vytápění pro teplotu interiéru 22 °C

L [m]	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
t_s [°C]	31,44	31,41	31,34	31,26	31,15
t_{pA} [°C]	28,74	28,72	28,68	28,61	28,54
t_{pB} [°C]	8,13	8,13	8,12	8,11	8,10
q_A [W/m ²]	53,96	53,76	53,41	52,92	52,29
q_B [W/m ²]	5,32	5,32	5,30	5,29	5,27
q [W/m ²]	59,28	59,08	58,72	58,21	57,55

Tabulka 4: Návrh podlahového vytápění pro teplotu interiéru 24 °C

L [m]	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
t_s [°C]	31,39	31,38	31,34	31,28	31,20
t_{pA} [°C]	29,28	29,27	29,24	29,20	29,15
t_{pB} [°C]	8,13	8,12	8,12	8,11	8,10
q_A [W/m ²]	42,25	42,17	41,95	41,62	41,18
q_B [W/m ²]	5,31	5,31	5,30	5,29	5,28
q [W/m ²]	47,57	47,48	47,26	46,91	46,45

B.4.2 Návrh otopných ploch

Celkové tepelné ztráty v jednotlivých místnostech jsou pokryty kombinací otopných těles a teplovodního podlahového vytápění. Je využito nízkoteplotního vytápění o teplotním spádu 38/30 °C s nuceným oběhem vody. Otopná soustava v objektu je navržena jako dvoutrubková protiproudá. Všechna tělesa jsou napojena ze stěny za pomoci rohového přípojovacího šroubení.

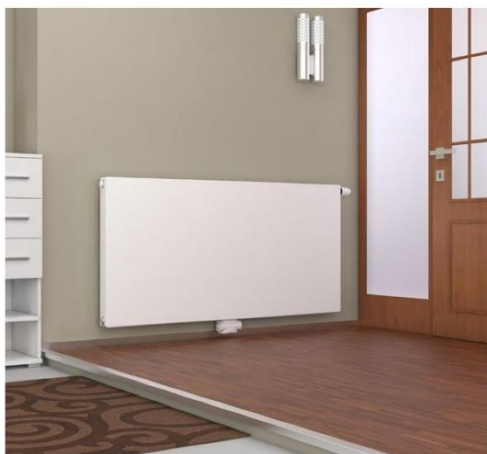
V objektu jsou navržena otopná tělesa od firmy KORADO, a.s. V místnostech určených pro hygienu dětí se nachází trubková otopná tělesa **KORALUX LINEAR MAX – M**, která jsou vyrobena z uzavřených ocelových profilů s průřezem ve tvaru “D” a rovných profilů s kruhovým průřezem se spodním středovým připojením díky Multilux 4 - Setu. V ostatních místnostech jsou navržena desková otopná tělesa typu **RADIK PLAN 21 VKM**. Jedná se o otopná tělesa se dvěma hladkými čelními deskami a jedním vnitřním konvektorem se spodním středovým připojením. Tělesa nacházející se v prostorách pro pohyb dětí jsou z bezpečnostních důvodů opatřena zákrytem.

Podrobný výpočet a návrh otopných ploch viz příloha č. 2.

Tabulka 5: Přehled navržených otopných ploch

Č.M.	ZTRÁTY	OTOPNÁ TĚLESA				PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ				VÝKON
	Φ_{celkem} [W]	NÁZEV	h/L [mm]	Q_t [W]	$Q_{t,\text{skut}}$ [W]	L [m]	q_A [W/m²]	S_p [m²]	Q_p [W]	Q_{celkem} [W]
101	135,69	RADIK PLAN 21 VKM	400/700	175	158	-	-	-	0	158
102	1637,73	-	-	-	0	0,3	63,4	28,8	1827	1827
104	424,95	KORALUX LINEAR MAX - M (KLMM)	1495/750	276	276	0,1	42,25	5,55	234	510
105	427,05		1495/750	276	276	0,1	42,25	5,83	246	522
106	1320,52	-	-	-	0	0,3	52,59	26,28	1382	1382
107	2150,40	-	-	-	0	0,2	53,41	41,95	2241	2241
113	378,91	RADIK PLAN 21 VKM	900/700	195	185	-	-	-	0	380
			900/700	195	195					
117	2170,25	-	-	-	0	0,2	53,41	41,95	2241	2241
120	436,17	KORALUX LINEAR MAX - M (KLMM)	1495/750	276	276	0,1	42,25	5,55	234	510
121	387,41		1495/750	276	276	0,1	42,25	5,83	246	522
122	1355,03	-	-	-	0	0,3	52,59	26,28	1382	1382
125	137,91	RADIK PLAN 21 VKM	700/600	143	143	-	-	-	0	143
127	2131,80	-	-	-	0	0,2	53,41	41,93	2239	2239
130	424,95	KORALUX LINEAR MAX - M (KLMM)	1495/750	276	276	0,1	42,25	5,55	234	510
131	427,05		1495/750	276	276	0,1	42,25	5,83	246	522
132	1320,52	-	-	-	0	0,3	52,59	26,28	1382	1382
133	135,69	RADIK PLAN 21 VKM	400/700	175	158	-	-	-	0	158
134	218,09	RADIK PLAN 21 VKM	500/1200	230	230	-	-	-	0	230
135	121,78	RADIK PLAN 21 VKM	700/600	143	143	-	-	-	0	143
138	211,35	-	-	0	0	0,3	63,4	4,46	283	283
140	126,07	RADIK PLAN 21 VKM	700/600	143	143	-	-	-	0	143
143	114,69	RADIK PLAN 21 VKM	700/600	143	143	-	-	-	0	143

RADIK PLAN VKM, LINE VKM



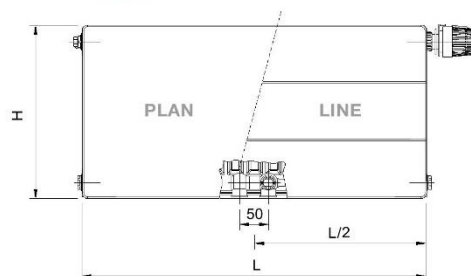
Technické údaje

Výška H	300, 400, 500, 600, 700, 900 mm
Délka L	400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000 mm
Hloubka B	
Typ 11 PLAN VKM/LINE VKM	65 mm
Typ 21 PLAN VKM/LINE VKM	68 mm
Typ 22 PLAN VKM/LINE VKM	102 mm
Typ 33 PLAN VKM/LINE VKM	157 mm
Připojovací rozteč	50 mm
Připojovací závit	6 x G1/2 vnitřní
Nejvyšší přípustný provozní přetlak	1,0 MPa
Nejvyšší přípustná provozní teplota	110 °C
Připojení otopného tělesa	spodní středové

Popis

Model **RADIK PLAN VKM (RADIK LINE VKM)** je deskové otopné těleso v provedení PLAN (LINE) a v provedení VENTIL KOMPAKT, které umožňuje **spodní středové připojení** otopného tělesa na otopnou soustavu s nuceným oběhem. Ze zadní strany jsou přivařeny dvě horní a dolní příchytky, otopná tělesa o délce 1800 mm a delší mají navařených šest příchyttek.

Přehled typů



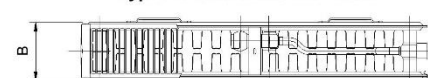
Typ 11 PLAN VKM/LINE VKM



Typ 21 PLAN VKM/LINE VKM



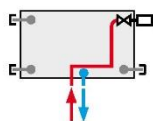
Typ 22 PLAN VKM/LINE VKM



Typ 33 PLAN VKM/LINE VKM



Způsoby připojení na otopnou soustavu



spodní středové
 $\varphi = 1$

Obrázek 17: RADIK PLAN 21 VKM [11]

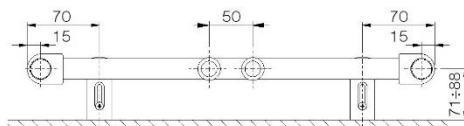
KORALUX LINEAR MAX, LINEAR MAX - M



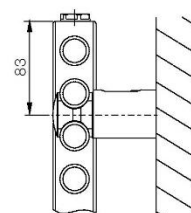
Technické údaje

Výška H	690, 900, 1215, 1495, 1810 mm
Délka L	450, 600, 750 mm
Hloubka B	35 mm
Připojovací rozteč (KLM)	$h = L - 30 \text{ mm}$
Připojovací rozteč (KLMM)	50 mm
Připojovací závit (KLM)	4 x G 1/2 vnitřní
Připojovací závit (KLMM)	6 x G 1/2 vnitřní
Nejvyšší přípustný provozní tlak	1,0 MPa
Zkušební tlak	1,3 MPa
Nejvyšší přípustná provozní teplota	110 °C
Průtokový součinitel (KLM)	$A_T = 2,1 \times 10^{-4} \text{ m}^2$
Průtokový součinitel (KLMM)	$A_T = 9,3 \times 10^{-5} \text{ m}^2$
Součinitel odporu (KLM)	$\xi_T = 1,8$
Součinitel odporu (KLMM)	$\xi_T = 9,3$

Upevnění



Dodávaná souprava pro upevnění otopného tělesa na stěnu obsahuje 4 ks speciálních konzol z plastu, vruty, hmoždinky a návod na montáž.



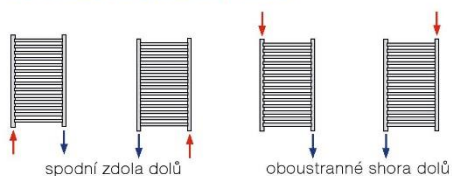
Konstrukce

KORALUX LINEAR MAX (KLM) je trubkové otopné těleso se **spodním připojením zdola dolů** s připojovací roztečí **h** odvozenou z jeho délky **L**. Konstrukce tělesa rovněž umožňuje **oboustranné připojení shora dolů**.

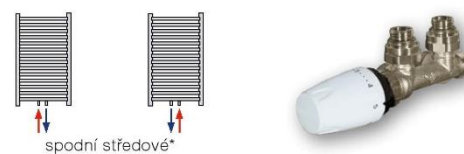
KORALUX LINEAR MAX - M (KLMM) je trubkové otopné těleso upravené pro **spodní středové připojení** s připojovací roztečí 50 mm.

Ocelové trubky Ø 24 mm
Ocelový profil 41 x 35 mm

Způsob připojení KORALUX LINEAR MAX



Způsob připojení KORALUX LINEAR MAX - M



Obrázek 18: KORALUX LINEAR MAX – M [12]

B.5 Návrh zdroje tepla

Hlavním zdrojem tepla pro objekt budou tepelná čerpadla vzduch–voda. Jedná se o alternativní zdroj energie, který při nižších teplotách venkovního vzduchu plně nepokrývá potřebu tepla pro budovu. Využijeme proto paralelně bivalentní způsob provozu.

B.5.1 Návrh výkonu ohřívače vzduchotechnické jednotky

Potřeba tepla pro vzduchotechniku (VZT) byla určena na základě požadavků na větrání uvedené v příloze č. 3 vyhlášky č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělání dětí a mladistvých. Požadovaná výměna vzduchu objektu byla po předběžném výpočtu pro jednotlivé místnosti a následné konzultaci s doc. Ing. Alešem Rubinou, Ph.D. stanovena na 7 500 m³/hod.

Vstupní údaje:

$V_{su, celkem} = 7500 \text{ m}^3/\text{hod}$...celkový objem přiváděného vzduchu

$t_e = -12 \text{ °C}$...teplota exteriéru v zimě

$t_{su} = 20 \text{ °C}$...teplota přiváděného vzduchu

$t_o = 21,6 \text{ °C}$...teplota odváděného vzduchu

$\varphi = 73 \%$...účinnost výměníku ZZT

Teplota vzduchu za výměníkem ZZT:

$$\varphi = \frac{t_{ZZT} - t_e}{t_o - t_e}$$

$$t_{ZZT} = \varphi \cdot (t_o - t_e) + t_e = 0,73 \cdot (21,6 - (-12)) + (-12) = 12,53 \text{ °C}$$

Výkon ohřívače VZT:

$$Q_{VZT} = 0,34 \cdot V_{su, celkem} \cdot (t_{su} - t_{ZZT}) = 0,34 \cdot 7500 \cdot (20 - 12,53) = 19,05 \text{ kW}$$

B.5.2 Stanovení potřeby výkonu

Výpočet potřeby tepla pro vytápění vycházel z určení tepelné ztráty budovy (viz kapitola B.2.2) při venkovní návrhové teplotě -12 °C. Výpočet je proveden dle ČSN EN 12 831 – Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu. Návrhový tepelný výkon pro vytápění celé budovy je 16,10 kW.

Výkon ohřívače vzduchotechnické jednotky (viz kapitola B.5.1) a tedy potřebný výkon zdroje tepla pro VZT je 19,05 kW.

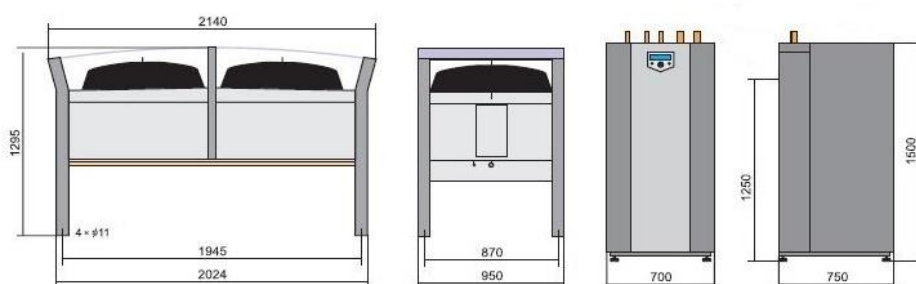
Potřeba tepla pro přípravu teplé vody vychází z návrhu zásobníku teplé vody (viz kapitola B.6.3), kterému je pro ohřev vody z 10 °C na 45 °C zapotřebí dodávat 26,00 kW.

Požadovaný výkon zdroje pro objekt s přerušovaným větráním a přípravou vody:

$$Q_{PRIP} = 0,7Q_{VYT} + 0,7Q_{VZT} + Q_{TV} + Q_{TECH} = 0,7 \cdot 16,1 + 0,7 \cdot 19,05 + 26,0 + 0 = 50,64 \text{ kW}$$

B.5.3 Návrh tepelných čerpadel

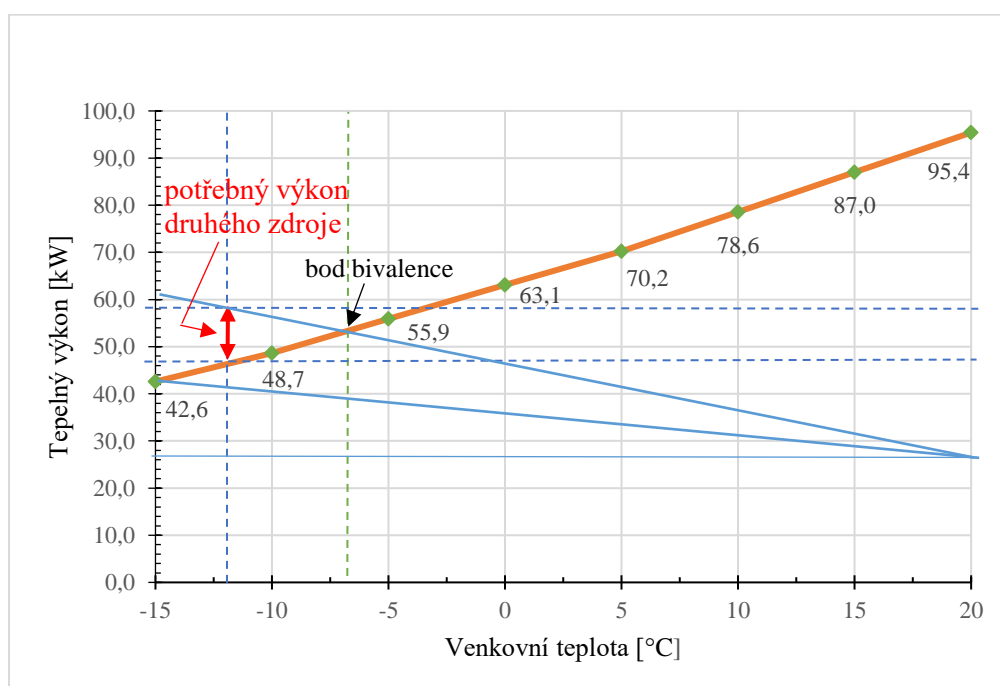
Navrhují dvě tepelná čerpadla (TČ) vzduch–voda **HP3AW-36SB** typu split od firmy PZP HEATING a.s. Vnitřní jednotky budou umístěny v technické místnosti. Venkovní jednotky na zahradě severovýchodně od objektu ve vzdálenosti 3 m. Jejich propojení bude předizolovaným potrubím umístěným v nezamrzlé hloubce.



Obrázek 19: Tepelné čerpadlo HP3AW-36SB [13]

Tabulka 6: Tepelný výkon a topný faktor jednoho TČ v závislosti na venkovní teplotě

VENKOVNÍ TEPLOTA [°C]	-15	-12	-10	-5	0	5	10	15	20
TEPELNÝ VÝKON [kW]	21,3	23,3	24,3	27,9	31,6	35,1	39,3	43,5	47,7
TOPNÝ FAKTOR (COP) [-]	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5	2,8	3,0	3,3	3,6



Obrázek 20: Návrh potřebného výkonu bivalentního zdroje, bod bivalence

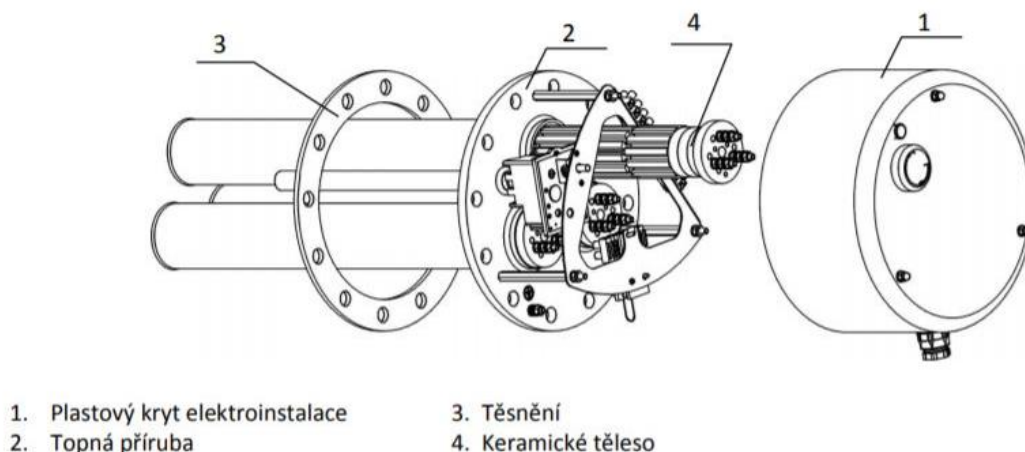
Technické parametry			Typ HP3AW								
			06 SE	08 SE	10 SE	12 SE	14 SE	18 SE	22 SB	30 SB	36 SB
Hydraulické parametry	průtok doporučený	m³/h	0,9	1,3	1,6	1,9	2,4	2,8	3,4	4,8	5,8
Sekundární okruh	tlaková ztráta na TČ	kPa	15	18	21	25	31	37	15	17	14
	disponibilní tlak cirkul. čerpadla	kPa	35	27	20	39	30	21	–	–	–
	min/max pracovní přetlak TČ	bar	0,3/3,0						0,3/6,0		
	objem okruhu v TČ	l	11,2	11,5	11,8	12,0	12,4	12,9	5,8	7,7	8,4
Další údaje	počet kompresorů	ks	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	počet ventilátorů	ks	1	1	1	2	2	2	4	4	4
	otáčky ventilátorů	1/min	430	450	450	430	430	450	430	430	450
	příkon ventilátorů celkem	kW	0,13	0,15	0,15	0,26	0,26	0,30	0,52	0,52	0,60
Kompresor		-	Scroll								
Chladivo	druh	-	R404 A								
	hmotnost náplně	kg	2,9	4,0	5,3	6,5	7,7	9,0	10,5	11,5	18,0
Rozsah teplot primárního zdroje tepla (vzduchu)		°C	-25 až +35								
Maximální výstupní teplota		°C	58								
Dimenze potrubí	sání de x t	mm	18 x 1	18 x 1	22 x 1	22 x 1	28 x 1	28 x 1	22 x 1	28 x 1	28 x 1
	počet trubek	ks	1	1	1	1	1	1	2	2	2
	kapalina de x t	mm	10 x 1	10 x 1	12 x 1	12 x 1	16 x 1	16 x 1	18 x 1	18 x 1	22 x 1
	počet trubek	ks	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	topná voda de x t	mm	28 x 1						42 x 1,5		
	počet trubek	ks	3						2		
Rozměry a hmotnost	vnitřní díl										
	šířka	mm	580						700		
	hloubka	mm	600						750		
	výška	mm	1500						1500		
	hmotnost	kg	150	155	160	175	175	180	265	275	290
	Rozměry a hmotnost	vnější díl									
počet kusů		ks	1			1	1		2	2	
šířka		mm	950			800	950		800	950	
hloubka		mm	1236			1842	2140		1842	2140	
výška		mm	1260			1295	1295		1295	1295	
kotevní otvory		mm	870 x 1045			720 x 1645	870 x 1945		720 x 1645	870 x 1945	
hmotnost (1 ks)		kg	110	120	120	150	180	205	150	180	205
Elektrické parametry bez elektrokotle	napájecí napětí	V / Hz	3 x 400 / 50								
	náběhový proud kompr.	A	13	20	23	26	32	37	50	63	83
	jištění hlavního přívodu	A	C10/3	C10/3	C13/3	C13/3	C16/3	C20/3	C25/3	C32/3	D32/3
Elektrické parametry s elektrokotlem	jištění hlavního přívodu	A	C20/3	C25/3	C25/3	C32/3	C40/3	C40/3	–	–	–
	ovládání elektrokotel	kW	3 x 3	3 x 4,5	3 x 4,5	3 x 6	3 x 6	3 x 6	–	–	–
	stupeň ochrany krytím	-	IP54								

Obrázek 21: Specifikace tepelných čerpadel firmy PZP Heating [13]

B.5.4 Návrh bivalentního zdroje tepla

Z grafu (viz Obrázek 20) vychází, že bod bivalence nastává při $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při této teplotě je výkon tepelných čerpadel 53 kW, proto při poklesu teploty pod tuto hodnotu potřebujeme doplňkový zdroj o výkonu 12 kW, aby byla pokryta veškerá potřeba tepla také při teplotách nižších než $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Bivalentním zdrojem bude topná příruba **TPK 210 – 12 / 8-12kW** od firmy Družstevní závod Dražice nainstalována ve spodní části akumulární nádrže.



Obrázek 22: Topná příruba TPK 210 – 12 [14]

Průměr roztečné kružnice šroubů 210 mm - TPK 210 - 12 / 2,2 kW; TPK 210 - 12 / 3,6 kW
TPK 210 - 12 / 5-9 kW; TPK 210 - 12 / 8-12kW

Rozsah nastavení termostatu: plynulé nastavení od 5°C o cca 74°C . Těsnění je přibalené.

Typ	Výkon [kW]	Zapojení	Zástavbová délka [mm]
TPK 150 - 8 / 1,5 kW	1,5	1 PE - N AC 230 V / 50 Hz	400
TPK 150 - 8 / 2,2 kW	2,2	1 PE - N AC 230 V / 50 Hz	400
TPK 168 - 8 / 2,2 kW	2,2	1 PE - N AC 230 V / 50 Hz	400
TPK 210 - 12 / 2,2 kW	2,2	1 PE - N AC 230 V / 50 Hz	440
TPK 210 - 12 / 3-6 kW	3-4,0-6	1 PE - N AC 230 V / 50 Hz	440
TPK 210 - 12 / 5-9 kW	3-5-7-9	1 PE - N AC 230 V / 50 Hz	550
TPK 210 - 12 / 8-12kW	8-10-12	1 PE - N AC 230 V / 50 Hz	550

Obrázek 23: Specifikace topné příruby TPK 210 – 12 [14]

B.5.5 Návrh akumulární nádrže

Jelikož navržené čerpadlo má typ kompresoru scroll, není možná regulace výkonu. Pro snížení počtu startů čerpadla a tím prodloužení jeho životnosti, je vhodné do soustavy připojit akumulární nádrž (AN). V době vysokého tarifu nebude probíhat vytápění ani ohřev vody, otopná voda bude dodávána pouze do ohříváče VZT jednotky. Výpočet je proveden pro venkovní teplotu $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Výkon AN při požadovaném rozdílu teplot $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ vody dodávané TČ a vody odebírané z AN:

$$Q_{AN} = 1,163 \cdot V_{AN} \cdot (t_{TČ} - t_{VZT}) = 1,163 \cdot 999,5 = 5809\text{ W}$$

Doba vybití při venkovní teplotě $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$t_{\text{vybití}, -12\text{ }^{\circ}\text{C}} = \frac{Q_{AN}}{Q_{VZT}} = \frac{5809}{19050} = 0,3\text{ h} = 18\text{ min}$$

Výkon ohřivače VZT při venkovní teplotě 0 °C:

$$t_{ZZT,0\text{ °C}} = \varphi \cdot (t_o - t_e) + t_e = 0,73 \cdot (21,6 - 0) + 0 = 15,77\text{ °C}$$

$$Q_{VZT,0\text{ °C}} = 0,34 \cdot V_{su,celkem} \cdot (t_{su} - t_{ZZT,0\text{ °C}}) = 0,34 \cdot 7500 \cdot (20 - 15,77) = 10786\text{ W}$$

Doba vybití při venkovní teplotě -12 °C:

$$t_{vybití,0\text{ °C}} = \frac{Q_{AN}}{Q_{VZT,0\text{ °C}}} = \frac{5809}{10786} = 0,53\text{ h} = 32\text{ min}$$

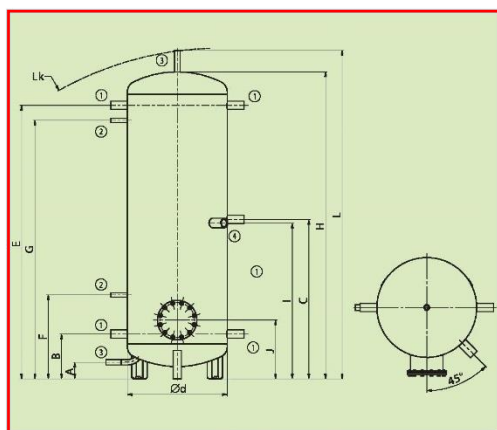
Navrhuji akumulční nádrž **NAD 1000v1** o objemu **999 l** od firmy Družstevní závod Dražice – strojírna s.r.o., která pokryje potřebu otopné vody po dobu 40 minut. Bude tedy sloužit pouze jako vyrovnávací nádrž bez schopnosti překlenou dobu vysokého tarifu.

- Typy: 500, 750, 1000, 1500, 2000 l
- Lze objednat moderní izolaci Neodul
- Vhodná jako vyrovnávací zásobník k topným systémům s kotli na tuhá paliva
- Do příruby lze instalovat topnou jednotku TPK 210/12
- Na zakázku lze na nádrž přidat další dvě příruby
- Do hrdla lze instalovat topnou jednotku TJ 6/4"

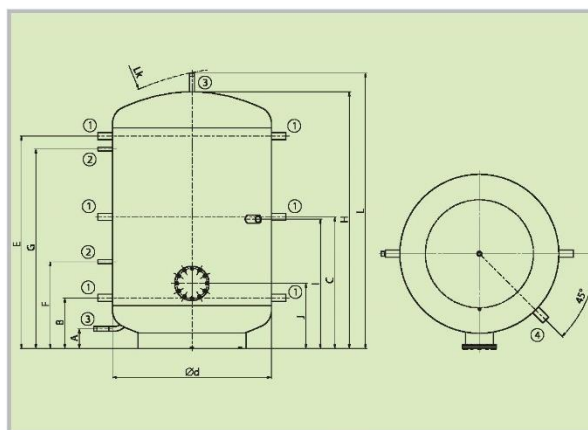


Rozměry hrdel	NAD 500v1	NAD 750v1	NAD 1000v1	NAD 1500v1	NAD 2000v1
Hrdlo 1 – vnitřní závit			1 1/4"		
Hrdlo 2 – vnitřní závit			1/2"		
Hrdlo 3 – vnější závit			1"		
Hrdlo 4 – vnitřní závit			1 1/2"		

Technické parametry		NAD 500v1	NAD 750v1	NAD 1000v1	NAD 1500v1	NAD 2000v1
Objednací číslo		121380393	121680393	121580393	122180393	122280393
Celkový objem nádrže	[l]	475	772	999	1507	2007
Hmotnost (Netto)	[kg]	85	109	126	204	247
Max. provozní teplota / přetlak v nádobě	[°C] / [bar]			90 / 3		
Tloušťka izolace (Neodul LB PP)	[mm]		80		100	120
Tepelná vodivost izolace (Neodul LB PP)	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]			0,032		
Objednací číslo izolace (Neodul LB PP)		6231902	6231904	6231905	6231710	6231711
Max. počet × výkon TPK 210-12	[ks] × [kW]			1 × 12		
Max. počet × výkon TJ 6/4"	[ks] × [kW]			1 × 9		
Energetická třída (Neodul LB PP)				C		
Statistická ztráta (Neodul LB PP)	[W]	83	122	135	165	185
Rozměry nádrží		NAD 500v1	NAD 750v1	NAD 1000v1	NAD 1500v1	NAD 2000v1
Průměr nádrže	Ø d	600	750	850	1100	1100
Celková výška nádrže	L	1970	2028	2040	1906	2436
Klopná výška	L _k	1990	2050	2060	1925	2480
Výška nádrže	H	1847	1903	1916	1778	2307
Vypouštěcí hrdlo	A	100	100	100	135	135
Hrdlo Z/T okružů	B	270	282	297	350	350
Hrdlo Z/T okružů	C	958	970	985	910	1175
Hrdlo Z/T okružů	E	1644	1656	1671	1470	2000
Hrdlo jímky pro čidlo	F	505	517	532	600	600
Hrdlo jímky pro čidlo	G	1554	1566	1581	1380	1910
Hrdlo topné jednotky TJ 6/4"	I	937	950	965	895	1160
Hrdlo příruby	J	353	366	381	450	450



NAD 500, 750, 1000v1



NAD 1500, 2000v1

Obrázek 24: Specifikace akumulční nádrže NAD 1000v1[15]

B.6 Návrh přípravy teplé vody

Příprava teplé vody bude pro celý objekt zajištěna centrálně. Bude se jednat o nepřímý ohřev v zásobníkovém ohřívači umístěném v technické místnosti. Dodávka tepla tepelnými čerpadly (TČ) bude doplněna o teplo produkované topnou přírubou v akumulární nádrži. Návrh je proveden dle normy ČSN 06 0320 – Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování a ČSN EN 12831-3 – Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 3: Tepelný výkon pro soustavy přípravy teplé vody a charakteristika potřeb.

Jelikož se jedná o objekt mateřské školy, vychází z vyhlášky č. 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, že teplota vody u výtoků v dosahu žáků nesmí mít teplotu vyšší než 45 °C. Voda bude ohřívána z teploty 10 °C na teplotu 45 °C. Teplotní spád otopné vody pro přípravu teplé vody je uvažován 50/35 °C. Teplá voda bude odebírána v provozních hodinách, to je v době 6–18 h. Tepelné ztráty během provozu jsou 30 % v důsledku cirkulace a během noci 130 W za hodinu přes plášť zásobníku. Pro výpočet velikosti zásobníku je uvažováno, že teplo z TČ bude odebíráno během dne dvakrát po dobu 1 hodiny a jednou po dobu 50 minut.

Případný dohřev vody zajistí elektrický ohřívač umístěný na potrubí teplé vody.

B.6.1 Stanovení potřeby teplé vody a tepla

Potřeba teplé vody závisí na počtu myjících se osob, kusů nádobí po jídle a podlahové ploše pro úklid.

Vstupní údaje:

$n_o = 94$...počet uživatelů, počet jídel
 $S_p = 700 \text{ m}^2$...podlahová plocha pro úklid

Denní potřeba tepla a teplé vody pro 94 osob:

$$Q_o = Q_{o,i} \cdot n_o = 0,5.94 = 47 \text{ kWh/den}$$

$$V_o = \frac{Q_o}{1,163 \cdot \Delta t} = \frac{47}{1,163 \cdot (45 - 10)} = 1,15 \text{ m}^3/\text{den}$$

Denní potřeba teplé vody o teplotě 55 °C pro mytí 94 ks nádobí, úklid a mytí podlahy plochy 700 m²:

$$V_n = V_{d,n} \cdot n_o = 0,001.94 = 0,01 \text{ m}^3/\text{den}$$

$$V_u = V_{d,u} \cdot S_p = 0,02 \cdot (700/100) = 0,14 \text{ m}^3/\text{den}$$

Celková denní potřeba teplé vody o teplotě 45 °C:

$$V_p = V_o + V_n + V_u = 1,15 + 0,01.1,3 + 0,14.1,3 = 1,35 \text{ m}^3/\text{den}$$

Teplo odebrané, ztracené a celkové:

$$Q_t = 1,163 \cdot V_p \cdot \Delta t = 1,163 \cdot 1,35 \cdot (45 - 10) = 56,52 \text{ kW}$$

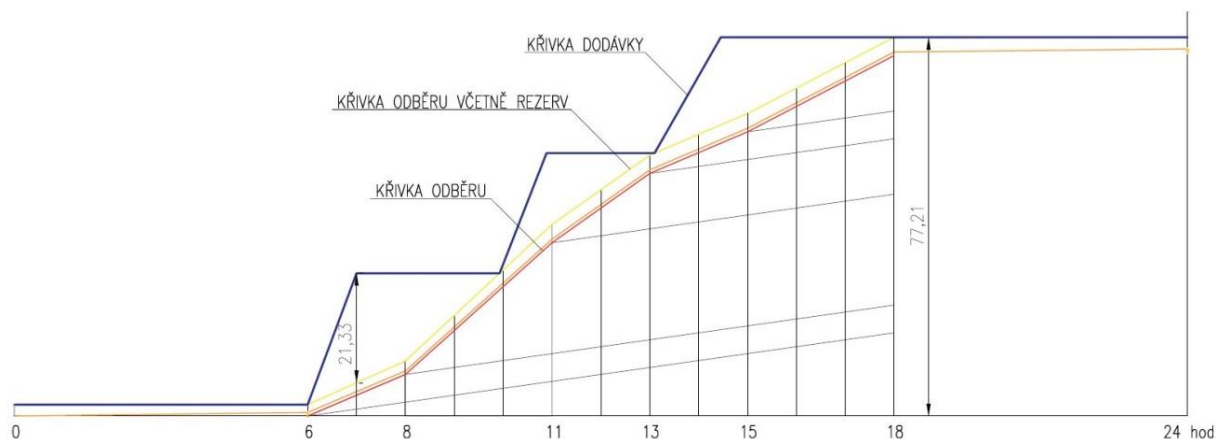
$$Q_z = Q_t \cdot z = 56,52 \cdot 0,3 = 16,96 \text{ kW}$$

$$Q_c = Q_t + Q_z = 56,52 + 16,96 = 73,48 \text{ kW}$$

B.6.2 Křivka dodávky a odběru tepla

Tabulka 7: Rozdělení odběru tepla během dne

ČAS ODBĚRU [h]	6-8	8-11	11-13	13-15	15-18
DĚLKA ODBĚRU [h]	2	3	2	2	3
PODÍL ODBĚRU [%]	10	40	20	10	20
TEPLO ODEBRANÉ [kWh]	5,65	22,61	11,30	5,65	11,30
TEPLO CELKEM [kWh]	7,35	29,39	14,70	7,35	14,70



Obrázek 25: Křivka dodávky a odběru tepla

B.6.3 Návrh zásobníku teplé vody

Pro výpočet zásobníku (Z) teplé vody použijeme hodnoty odečtené z grafu.

Vstupní údaje:

$\Delta Q_{\max} = 21,33 \text{ kW}$... maximální rozdíl tepla mezi křivkou dodávky a odběru

$Q_c = 77,21 \text{ kW}$... celková dodávka tepla

Velikost zásobníku:

$$V_z = \frac{\Delta Q_{\max}}{1,163 \cdot (t_2 - t_1)} = \frac{21,33}{1,163 \cdot (45 - 10)} = 0,52 \text{ m}^3$$

Jmenovitý výkon:

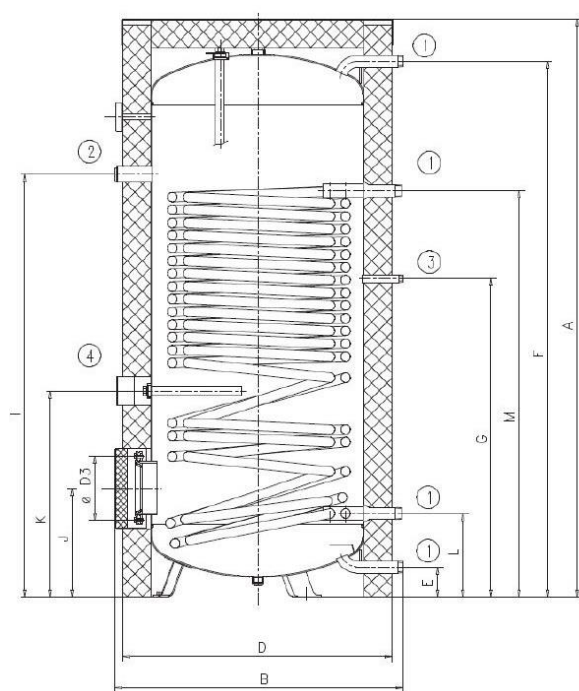
$$Q_n = \frac{Q_c}{t} = \frac{77,21}{3} = 25,74 \text{ kW}$$

Potřebná teplosměnná plocha zásobníku:

$$\Delta t = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{(T_1 - t_2)}{(T_2 - t_1)}} = \frac{(50 - 45) - (35 - 10)}{\ln \frac{(50 - 45)}{(35 - 10)}} = 12,43 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$A_z = \frac{Q_n \cdot 10^3}{U \cdot \Delta t} = \frac{25,74 \cdot 10^3}{420 \cdot 12,43} = 4,93 \text{ m}^2$$

Volím nepřímotopný stacionární zásobník **OKC 750 NTR/HP o objemu 710 l** od firmy Družstevní závod Dražice – strojírna s.r.o. Při jmenovitém výkonu zdroje 26 kW s odběrem po dobu 3×1 hod využijeme 4,98 m² teplosměnné plochy zásobníku a pokryjeme také tepelné ztráty pláštěm zásobníku během noci.



	OKC 750 NTR/HP	OKC 1000 NTR/HP
A	2039	2053
B	1017	1117
D	950	1050
D3	225	225
E	105	105
F	1891	1905
G	1123	1173
I	1491	1547
J	383	391
K	727	780
L	294	301
M	1433	1483

①	5/4" vnější
②	6/4" vnitřní
③	3/4" vnější
④	5/4" vnitřní

Obrázek 26: Zásobník OKC 750 NTR/HP [16]

TYP		OKC 250 NTR/HP	OKC 300 NTR/HP	OKC 400 NTR/HP	OKC 500 NTR/HP	OKC 750 NTR/HP	OKC 1000 NTR/HP
OBJEM	l	234	286	352	469	710	930
VÝŠKA	mm	1537	1558	1644	1914	2039	2053
PRŮMĚR	mm	584	670	700	700	950	1050
MAXIMÁLNÍ HMOTNOST BEZ VODY	kg	119	133	190	223	259	324
MAXIMÁLNÍ PROVOZNÍ PŘETLAK V NÁDOBĚ	MPa	1	1	1	1	1	1
MAXIMÁLNÍ PROVOZNÍ PŘETLAK VE VÝMĚNÍKU	MPa	1	1	1	1	1	1
MAXIMÁLNÍ TEPLOTA TOPNÉ VODY	°C	110	110	110	110	110	110
MAXIMÁLNÍ PROVOZNÍ TEPLOTA V NÁDOBĚ	°C	80	80	80	80	80	80
VÝHŘEVNÁ PLOCHA VÝMĚNÍKU	m ²	2,5	3,2	5,2	6,4	7,0	9,0
OBJEM VÝMĚNÍKU	l	17	21	32	39	47	63
TŘÍDA ENERGETICKÉ ÚČINNOSTI		C	C	C	C	C	C
STATICKÁ ZTRÁTA	W	87	72	90	105	130	142

Obrázek 27: Specifikace zásobníku OKC 750 NTR/HP[16]

B.7 Návrh a hydraulické posouzení potrubí

B.7.1 Materiály a uložení potrubí

Potrubí okruhů s otopnými tělesy je navrženo typu **RAUTITAN flex 20x2,8 mm** ze zesíťovaného polyethylenu PE-Xa od firmy REHAU. Uložení bude v tepelné izolaci nad základovou železobetonovou deskou. Tepelná izolace postačí poloviční navrhované tloušťky (viz kapitola B.7.8). Kompenzace tepelné roztažnosti je řešena trasováním potrubí.

Podlahového vytápění je navrženo z topenářských trubek **RAUTHERM S 17x2,0 mm** ze zesíťovaného polyethylenu PE-Xa od firmy REHAU. Otopné hady budou ve většině místností kladeny do spirály, na chodbě poté meandrovým způsobem. Při prostupu konstrukcí nebo dilatační spárou budou uloženy v chrániče. Provedení otopné plochy bude mokřím způsobem systémem RAUFIX.



Obrázek 28: Univerzální trubka RAUTITAN flex [17]



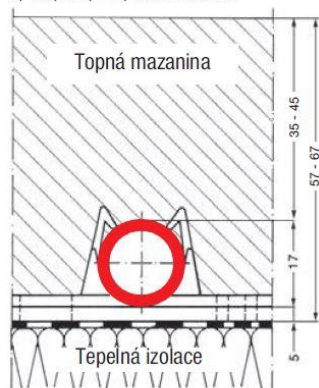
Obrázek 29: Topná trubka RAUTHERM S [17]

Systémové komponenty

- vodící lišta RAUFIX 14
- vodící lišta RAUFIX 16/17/20
- okrajová dilatační páska
- plastifikátor P
- krycí fólie
- příchytka RAUFIX

Pokládací rozteče

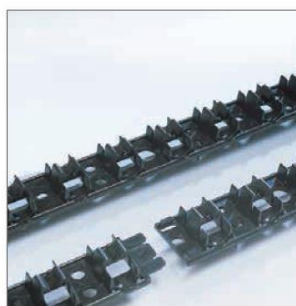
5, 10, 15, 20, 25 a 30 cm



Konstrukční výška - systém RAUFIX



Systém RAUFIX



Vodící lišta RAUFIX



Raufix příchytka

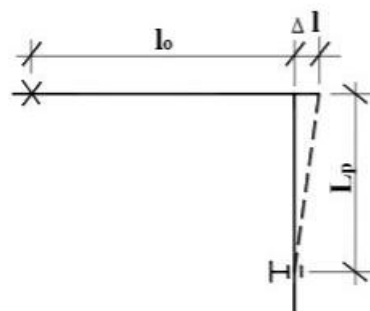
Obrázek 30: Systému RAUFIX [17]

Potrubí spojující jednotlivé R+S je **měděné**, opatřené tepelnou izolací (viz kapitola B.7.8) a vedené pod stropem. Tyto rozvody obsahují několik rovných dlouhých úseků, u kterých je nutno zajistit kompenzaci délkové změny Δl způsobené tepelnou roztažností potrubí. K jejímu zajištění je zapotřebí vhodné umístění posuvných a pevných bodů po celé délce. Ve volné délce L_p se však nesmí nacházet žádné upevnění omezující pohyb v libovolném směru.

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t \quad [\text{mm}]$$

$$L_p = C \cdot \sqrt[3]{d \cdot \Delta l} \quad [\text{mm}]$$

- l_0 ...délka trubky při montážní teplotě [m]
 α ...součinitel délkové roztažnosti [mm/(m.K)]
 Δt ...rozdíl mezi teplotou montážní a provozní [°C]
 C ...materiálová konstanta [-]
 d ...průměr potrubí [m]



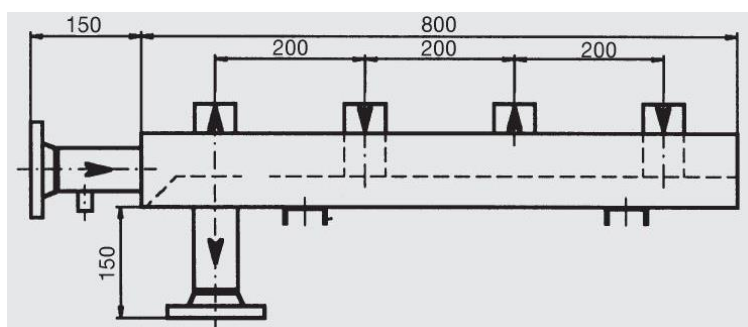
Obrázek 31: Řešení pružného ramene L kompenzátoru [18]

Tabulka 8: Délková roztažnost potrubí a rozměry L kompenzátoru

UMÍSTĚNÍ	MATERIÁL	d [mm]	l_0 [mm]	α [mm/(m.K)]	C [-]	Δl [mm]	L_p [mm]
M.Č. 102 - OT	PE-Xa	20	4,4	0,15	12	13	195
M.Č. 107 - OT	PE-Xa	20	6,2	0,15	12	19	231
M.Č. 117 - OT	PE-Xa	20	7,7	0,15	12	23	258
M.Č. 127 - OT	PE-Xa	20	7	0,15	12	21	246
M.Č. 102 - VV1	MĚĎ	35	5,8	0,017	61	2	507
M.Č. 102 - VV2	MĚĎ	42	6,5	0,017	61	2	588
M.Č. 102 - VV3	MĚĎ	42	9,7	0,017	61	3	718
M.Č. 102 - VZT	MĚĎ	28	5,6	0,017	61	4	606

B.7.2 Návrh rozdělovačů a sběračů

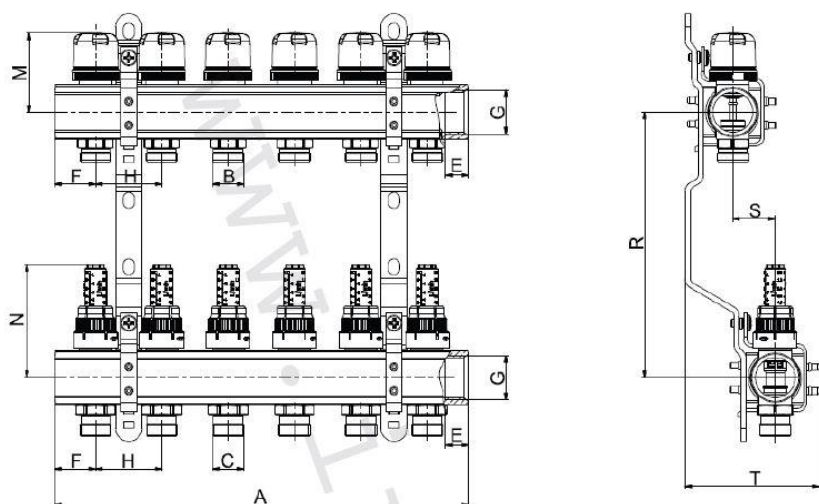
V technické místnosti se nachází hlavní kombinovaný rozdělovač a sběrač **RS UNI 3** pro tři větve od firmy ETL-Ekotharm a.s., který je měděným potrubím propojen se třemi sestavami rozdělovač / sběrač (R+S) typu **IVAR.CS 553 VP, 8cestný** od firmy IVAR v jednotlivých částech budovy. Na ně je připojen plastovým potrubím jeden okruh s otopnými tělesy (OT) a sedm okruhů podlahového vytápění.



Obrázek 32: RS UNI 2 [19]

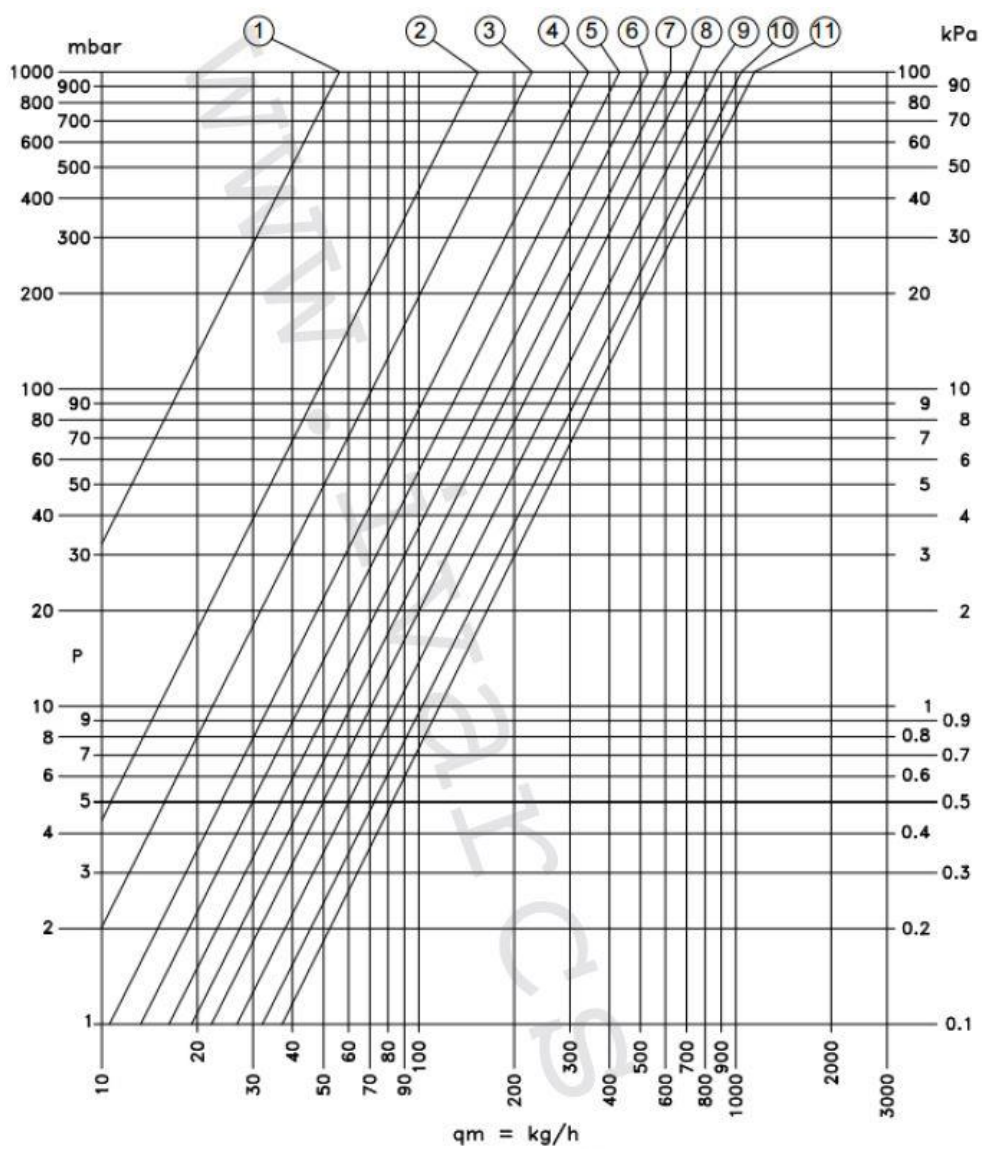
TYP RS	hrdla od zdroje	hrdla výstupní	MODUL	výška hrdel [mm]	počet výst. větví	celková délka [mm]	hmotnost [kg]
RS MINI 2.0	G 1 1/4"	G 1"	80	100	2	600	7
RS MINI 1.1	G 1 1/4"	G 1"	80	100	2	475	6
RS MINI 3.0	G 1 1/4"	G 1"	80	100	3	875	10,5
RS MINI 2.1	G 1 1/4"	G 1"	80	100	3	600	8
RS MINI 4.0	G 1 1/4"	G 1"	80	100	4	1150	14
RS MINI 2.2	G 1 1/4"	G 1"	80	100	4	750	9,5
RS UNI 2	DN 50/0,6	Ø 48	100	40	2	950	17
RS UNI 3	DN 50/0,6	Ø 48	100	40	3	1350	23
RS UNI 4	DN 50/0,6	Ø 48	100	40	4	1750	29
RS UNI 5	DN 50/0,6	Ø 48	100	40	5	2150	35

Obrázek 33: Specifikace kombinovaného rozdělovače a sběrače RS UNI 3 [19]



Kód	Provedení	Rozměr	Skříň	A	C	E	F	G	H	M	N	R	S	T
553970	2cestný	1" x EK	P1/N1	112	3/4"	17	31	1"	50	60	85	200	32	100
553971	3cestný	1" x EK	P1/N1	162	3/4"	17	31	1"	50	60	85	200	32	100
553972	4cestný	1" x EK	P2/N2	212	3/4"	17	31	1"	50	60	85	200	32	100
553973	5cestný	1" x EK	P2/N2	262	3/4"	17	31	1"	50	60	85	200	32	100
553974	6cestný	1" x EK	P2/N2	312	3/4"	17	31	1"	50	60	85	200	32	100
553975	7cestný	1" x EK	P3/N3	362	3/4"	17	31	1"	50	60	85	200	32	100
553976	8cestný	1" x EK	P3/N3	412	3/4"	17	31	1"	50	60	85	200	32	100
553977	9cestný	1" x EK	P3/N3	462	3/4"	17	31	1"	50	60	85	200	32	100
553978	10cestný	1" x EK	P4/N4	512	3/4"	17	31	1"	50	60	85	200	32	100
553979	11cestný	1" x EK	P4/N4	562	3/4"	17	31	1"	50	60	85	200	32	100
553980	12cestný	1" x EK	P4/N4	612	3/4"	17	31	1"	50	60	85	200	32	100

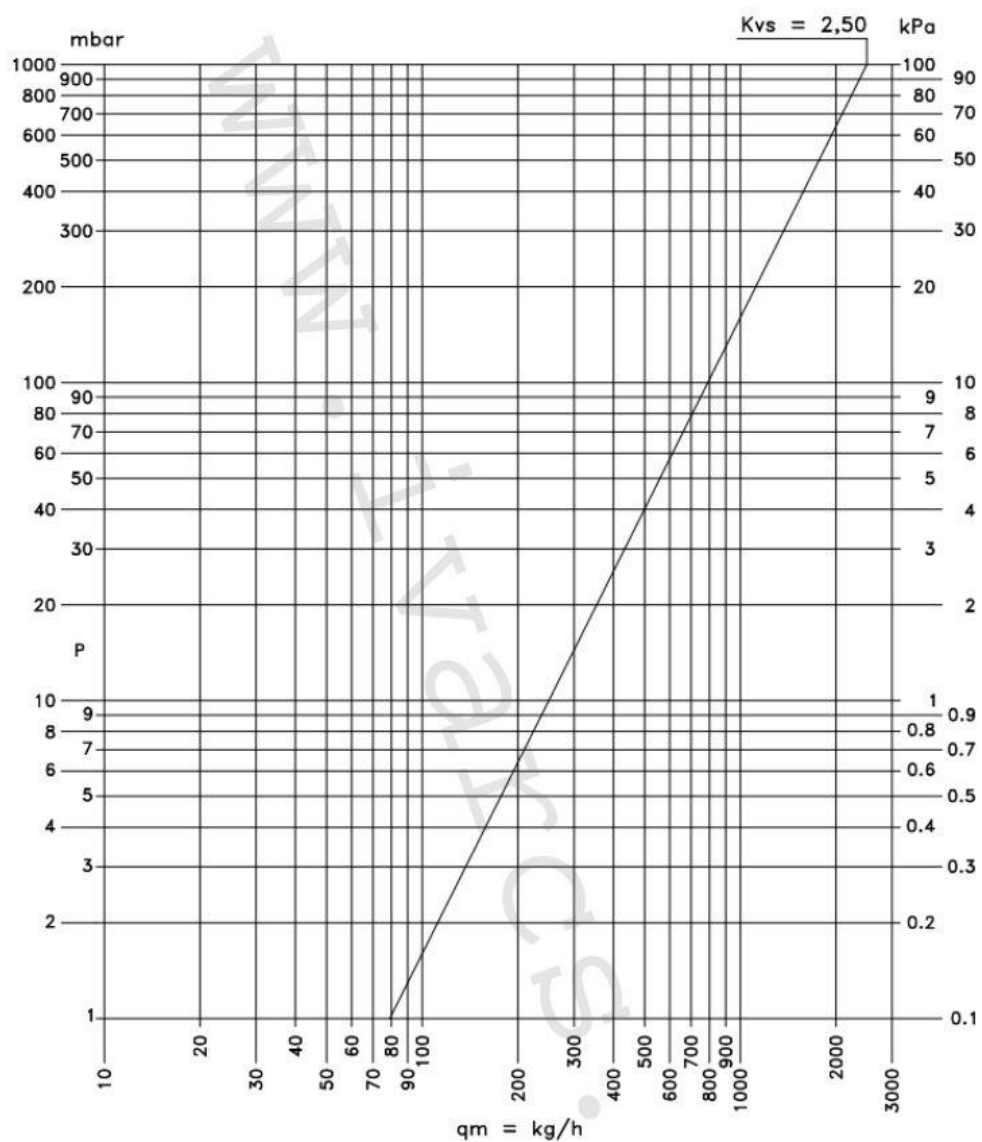
Obrázek 34: Specifikace soupravy rozdělovač / sběrač IVAR.CS 553 VP, 8cestný [20]



FLUXER

#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
↻	1	1.125	1.25	1.375	1.5	1.75	1.875	2	2.25	2.5	Max
Kv	0.05	0.15	0.22	0.32	0.41	0.51	0.61	0.71	0.87	1.02	1.16

Obrázek 35: Hydraulické charakteristiky pro jeden výstup rozdělovače firmy IVAR [20]

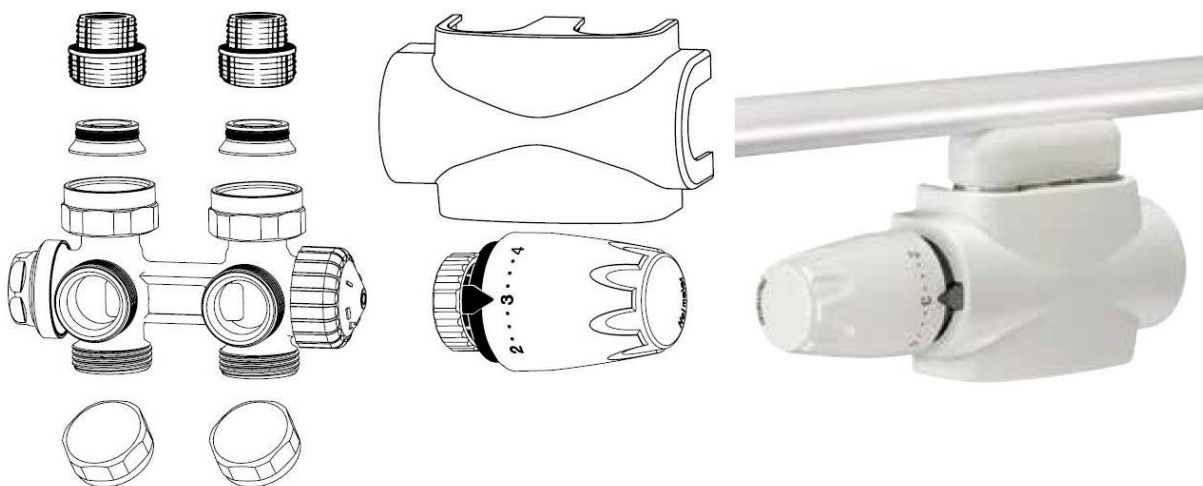


Obrázek 36: Hydraulické charakteristiky pro jeden výstup sběrače firmy IVAR [20]

B.7.3 Dimenzování a hydraulické seřízení rozvodů pro vytápění

Dimenzování potrubí a výpočet tlakových ztrát třením v potrubí bylo provedeno za pomoci výpočtového programu na stránkách tzb-info.cz viz příloha č. 3.

Regulace OT se nastavuje na deskových tělesech termostatickým ventilem (TRV), na trubkových tělesech na ventilové vložce **Multilux 4 – setu** (MS). Regulace jednotlivých okruhů mezi sebou se řeší na osmicestném rozdělovači (R). Vyvažovací ventily (VV) zajišťují hydraulické seřízení jednotlivých větví částí objektu (nastavení viz kapitola B.7.4).



Obrázek 37: Multilux 4 – Set [21]

První část objektu

Jedná se o místnosti číslo 101, 102, 104, 105, 106, 107, 140 a 143. Rozdělovač R+S–1 pro okruh OT je nastaven na stupeň 7. Vyvažovací ventil VV–1 na této větví je plně otevřen na 4 otáčky.

Tabulka 9: Nastavení TRV, MS, R pro první část budovy

Č.M.	NÁZEV MÍSTNOSTI	OZN.	Q [W]	M [kg/h]	w [m/s]	R.1+Z+ $\Delta p_{sběr}$ [Pa]	Δp_{dif} [Pa]	STUPEŇ NASTAVENÍ
101	ZÁDVEŘÍ	1C	175	18,81	0,03		279	R (7) → TRV (4)
102	CHODBA	2	727	78,16	0,19	2945	1554	R (8)
104	UMÝVÁRNA	1E	276	29,66	0,05		299	R (7) → MS (7)
		3	234	51,68	0,13	3753	746	R (7)
105	WC	3	246					
		1D	276	29,66	0,05		250	R (7) → MS (8)
106	LOŽNICE	4	668	71,79	0,18	3414	1086	R (8)
		5	714	76,76	0,19	4500	0	R (11)
107	JÍDELNA + HERNA	6	683	73,42	0,18	3563	936	R (9)
		7	666	71,58	0,18	3211	1289	R (8)
		8	689	74,05	0,18	3158	1342	R (8)
140	WC INVALIDÉ	1A	143	15,37	0,03		232	R (7) → TRV (3)
143	UMÝVÁRNA VEŘEJNOST	1B	143	15,37	0,03		238	R (7) → TRV (3)

Druhá část objektu

Jedná se o místnosti číslo 102, 113, 117, 120, 121, 122, 138. Rozdělovač R+S–2 pro okruh OT je nastaven na stupeň 7. Vyvažovací ventil VV–2 na větvi této části budovy je nastaven na 2,7 otáček.

Tabulka 10: Nastavení TRV, MS, R pro druhou část budovy

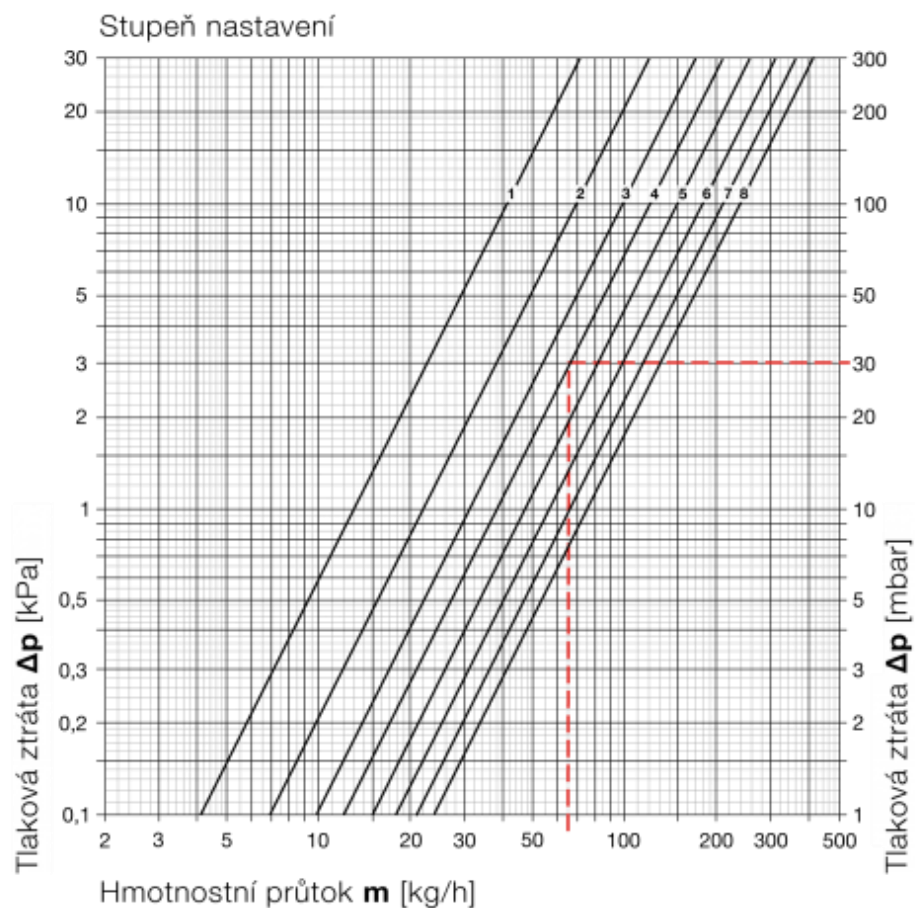
Č.M.	NÁZEV MÍSTNOSTI	OZN.	Q [W]	M [kg/h]	w [m/s]	R.I+Z+ $\Delta p_{sběr}$ [Pa]	Δp_{dif} [Pa]	STUPEŇ NASTAVENÍ
102	CHODBA	10	372	70,39	0,17	3087	1413	R (8)
138	ŘEDITELNA	10	283					
120	UMÝVÁRNA	9B	276	29,66	0,05		967	R (7) → MS (5)
		11	234	51,68	0,13	3753	746	R (7)
121	WC	11	246					
		9A	276	29,66	0,05		906	R (7) → MS (5)
122	LOŽNICE	12	668	71,79	0,18	3414	1086	R (8)
		13	714	76,76	0,19	4500	0	R (11)
117	JÍDELNA + HERNA	14	683	73,42	0,18	3563	936	R (9)
		15	666	71,58	0,18	3211	1289	R (8)
		16	689	74,05	0,18	3158	1342	R (8)
113	VÝDEJNA JÍDEL	9C	195	20,96	0,04		1210	R (7) → TRV (2)
		9D	185	19,91	0,03		1230	R (7) → TRV (2)

Třetí část objektu

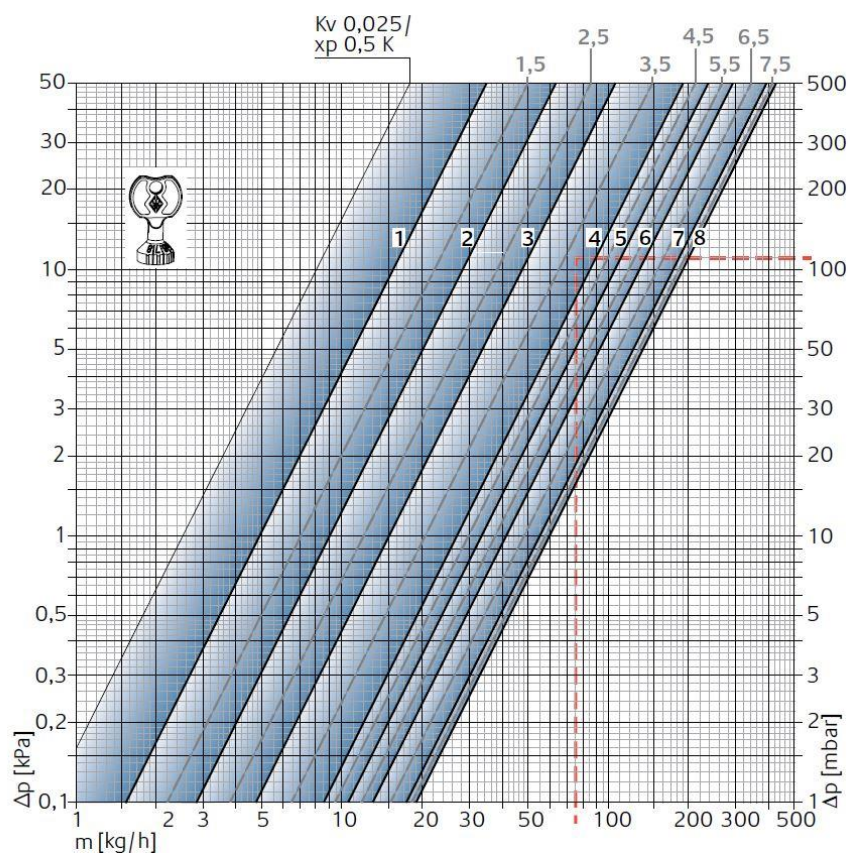
Jedná se o místnosti číslo 102, 127, 130, 131, 132, 133, 134, 135. Rozdělovač R+S–3 pro okruh OT je nastaven na stupeň 8. Vyvažovací ventil VV–3 na větvi této části budovy je umístěn v blízkosti technické místnosti a je nastaven na 2,5 otáček.

Tabulka 11: Nastavení TRV, MS, R pro třetí část budovy

Č.M.	NÁZEV MÍSTNOSTI	OZN.	Q [W]	M [kg/h]	w [m/s]	R.I+Z+ $\Delta p_{sběr}$ [Pa]	Δp_{dif} [Pa]	STUPEŇ NASTAVENÍ
102	CHODBA	18	727	78,16	0,19	2934	1521	R (8)
130	UMÝVÁRNA	17E	276	29,66	0,05		545	R (8) → MS (6)
		19	234	51,68	0,13	3735	721	R (7)
131	WC	19	246					
		17D	276	29,66	0,05		492	R (8) → MS (7)
132	LOŽNICE	20	668	71,79	0,18	3376	1080	R (8)
		21	714	76,76	0,19	4456	0	R (11)
127	JÍDELNA + HERNA	22	683	73,42	0,18	3525	930	R (9)
		23	666	71,58	0,18	3173	1283	R (8)
		24	689	74,05	0,18	3158	1298	R (8)
133	ZÁDVEŘÍ	17C	175	18,81	0,03		514	R (8) → TRV (3)
134	SBOROVNA	17B	230	24,72	0,04		282	R (8) → TRV (5)
135	WC ZAMĚSTNANCI	17A	143	15,37	0,03		277	R (8) → TRV (3)



Obrázek 38: Graf pro nastavení termostatických ventilů (TRV) na tělesech RADIK PLAN 21 VKM [11]



Obrázek 39: Graf pro nastavení Multilux 4 – setu (MS) na tělesech KORALUX [21]

B.7.4 Hydraulické nastavení vyvažovacích ventilů

Jednotlivé R+S pro dílčí části objektu je nutné mezi sebou hydraulicky vyvážit za pomoci vyvažovacích ventilů. Na větvi od každé sestavy rozdělovač/sběrač se nachází jeden vyvažovací ventil **STAND-B** světlosti **DN 25** od firmy IMI Hydronic Engineering.

Průtokový součinitel:

$$k_v = \frac{0,01 \cdot M}{\sqrt{\Delta p_{VV}/1000}} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

Tabulka 12: Hodnoty k_v pro nastavení vyvažovacích ventilů [22]

Otáčky	DN 10	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50
0.5	-	0.0479	0.444	0.495	1.05	1.71	2.25
1	0.0408	0.118	0.658	0.948	1.93	3.17	3.83
1.5	0.0805	0.251	1.07	2.09	3.25	4.78	6.74
2	0.238	0.518	1.80	3.91	5.49	6.55	11.4
2.5	0.443	0.870	2.87	5.60	8.07	9.63	15.7
3	0.810	1.38	3.84	6.99	10.1	13.3	21.0
3.5	1.17	1.93	4.65	7.93	11.9	16.9	26.6
4	1.33	2.32	5.35	8.25	13.7	20.1	31.4

Tabulka 13: Nastavení vyvažovacích ventilů

OZN.	M [kg/h]	R [Pa/m]	l [m]	Z [Pa]	Δp_{VV} [Pa]	$R \cdot l + Z + \Delta p_{VV}$ [Pa]	k_v [m ³ /h]	STUPEŇ NASTAVENÍ
VV-1	606,32	22	27	214	540	1363	8,25	4 otáčky
VV-2	589,87	22	14	157	886	1363	6,27	2,7 otáčky
VV-3	615,67	22	40	329	1210	2444	5,60	2,5 otáčky



Obrázek 40: Vyvažovací ventil STAD-B – plně otevřen (VV1) [22]

B.7.5 Návrh třícestného směšovacího ventilu

Třícestný směšovací ventil (TSV) slouží ke kvalitativní regulaci teploty otopné vody na větví zajišťující vytápění objektu. Do výstupní teplé vody přívodu je přimíchávána ochlazená voda vratu. Automatický provoz a regulaci zajišťuje servopohon.

Vstupní údaje:

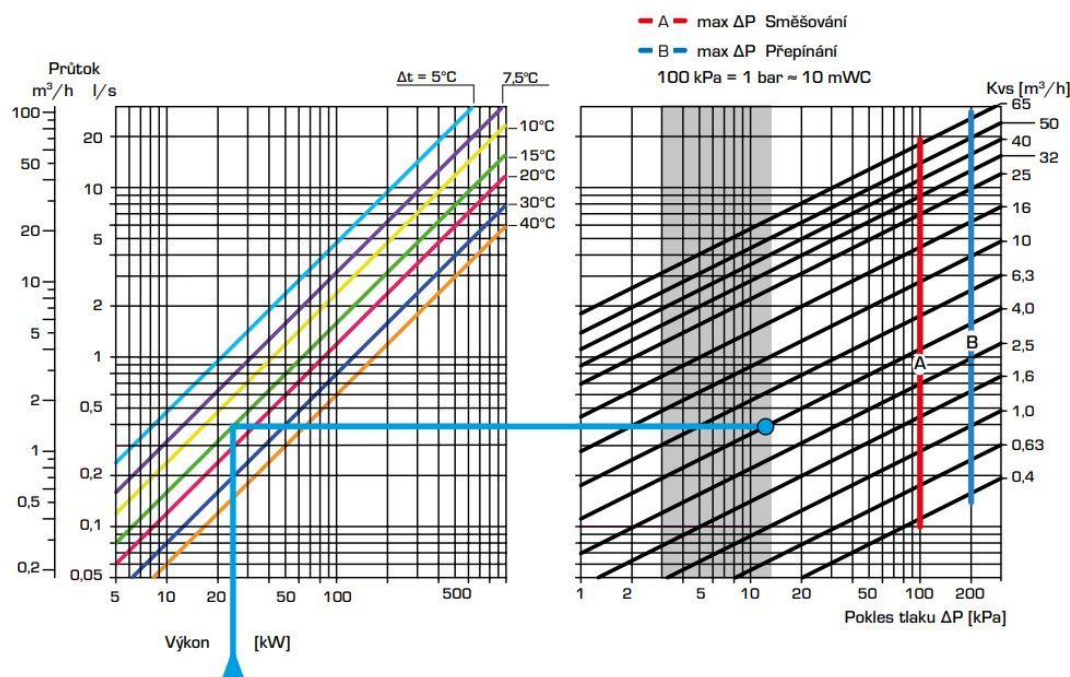
$\Delta p_{\text{dis,c}} = 12683 \text{ Pa}$...celkový dispoziční přetlak
 $M_{\text{VYT}} = 1812 \text{ kg/h}$...hmotnostní průtok ve větví pro vytápění
 $\rho_{34^\circ\text{C}} = 994 \text{ kg/m}^3$...hustota vody při 34°C

Průtokový součinitel:

$\Delta p_{\text{TSV}} = a \cdot \Delta p_{\text{dis,c}} = 0,5 \cdot 12683 = 6342 \text{ Pa} = 6,34 \text{ kPa}$

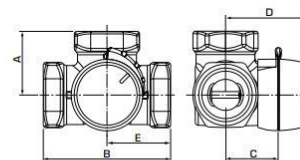
$V_{\text{VYT}} = \frac{M_{\text{VYT}}}{\rho_{34^\circ\text{C}}} = \frac{1812}{994} = 1,82 \text{ m}^3/\text{h}$

$k_v = \frac{10 \cdot V_{\text{VYT}}}{\sqrt{\Delta p_{\text{TSV}}}} = \frac{10 \cdot 1,82}{\sqrt{6,34}} = 7,22 \text{ m}^3/\text{h}$



Obrázek 41: Graf tlakových ztrát rotačních ventilů pro dimenzování [23]

Navrhují třícestný směšovací ventil řady **VRG131**, DN 25, $k_v = 6,3$ se servopohonem ARA600 od firmy ESBE.



VRG131 vnitřní závit

Č. výr.	Označení	DN	Kvs	Připojení	A	B	C	D	E	Hmotnost [kg]	Poznámka
11600100	VRG131	15	0,4	Rp 1/2"	36	72	32	50	36	0,40	
11600200			0,63								
11600300			1								
11600400			1,6								
11600500			2,5								
11600600			4								
11600700		20	2,5	Rp 3/4"	36	72	32	50	36	0,43	
11600800			4								
11600900			6,3								
11601000		25	6,3	Rp 1"	41	82	34	52	41	0,70	
11601100		32	10	Rp 1 1/4"	47	94	37	55	47	0,95	
11601200		40	25	Rp 1 1/2"	53	106	44	62	53	1,68	
11603400		50	40	Rp 2"	60	120	46	64	60	2,30	
11603600											

Obrázek 42: Specifikace směšovacího třícestného ventilu VRG131 [23]

B.7.6 Návrh regulátoru průtoku

Pro okamžité zajištění dodávky otopné vody pro teplovodní ohřívač vzduchotechnické jednotky je na okruhu pro vzduchotechniku navržen hydraulický zkrat opatřený regulátorem průtoku (RP) s trvalým 10% průtokem.

Vstupní údaje:

$M_{VZT} = 1095 \text{ kg/h}$...hmotnostní průtok ve větvi pro vzduchotechniku

$\rho_{50^\circ\text{C}} = 988 \text{ kg/m}^3$...hustota vody při 50°C

Objemový průtok:

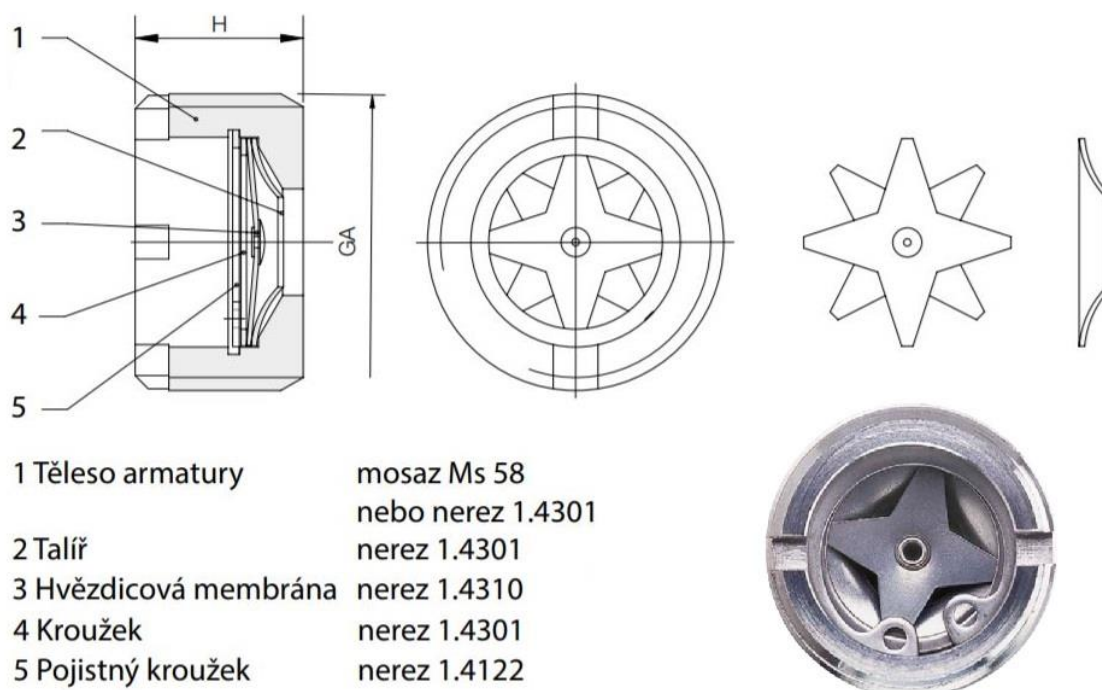
$$V_{VZT} = \frac{M_{VZT}}{\rho_{50^\circ\text{C}}} = \frac{1095}{988} = 1,11 \text{ m}^3/\text{h} = 18,47 \text{ l/min}$$

$$V_{RP} = 0,1 \cdot V_{VZT} = 0,1 \cdot 18,47 = 1,85 \text{ l/min}$$

Rozměry		Vnější závit G 3/4		Vnitřní / vnitřní závit G 1/2		Vnitřní / vnitřní závit G 3/4		Vnitřní / vnější závit G 1/2		Vnitřní / vnější závit G 3/4	
L [mm]		-		42		50		42		50	
GT [mm]		-		14		16		14		16	
GL [mm]		-		-		-		14		16	
GI		-		G 1/2		G 3/4		G 1/2		G 3/4	
GA		G 3/4		-		-		G 1/2		G 3/4	
SW [mm]		-		27		36		27		36	
H [mm]		15		-		-		-		-	
Průtok [l/min]	Tolerance [l/min]	Mosaz	Nerez	Mosaz	Nerez	Mosaz	Nerez	Mosaz	Nerez	Mosaz	Nerez
0,5	±0,2	REG-0100	REG-0200	REG-1100D	REG-1200D	REG-2100D	REG-2200D	REG-3100D	REG-3200D	REG-4100D	REG-4200D
1	±0,2	REG-0101	REG-0201	REG-1101D	REG-1201D	REG-2101D	REG-2201D	REG-3101D	REG-3201D	REG-4101D	REG-4201D
2	±0,2	REG-0102	REG-0202	REG-1102D	REG-1202D	REG-2102D	REG-2202D	REG-3102D	REG-3202D	REG-4102D	REG-4202D
3	±0,4	REG-0103	REG-0203	REG-1103D	REG-1203D	REG-2103D	REG-2203D	REG-3103D	REG-3203D	REG-4103D	REG-4203D
4	±0,4	REG-0104	REG-0204	REG-1104D	REG-1204D	REG-2104D	REG-2204D	REG-3104D	REG-3204D	REG-4104D	REG-4204D
5	±0,5	REG-0105	REG-0205	REG-1105D	REG-1205D	REG-2105D	REG-2205D	REG-3105D	REG-3205D	REG-4105D	REG-4205D

Obrázek 43: Specifikace regulátoru průtoku REG-0102 [24]

Navrhuji regulátor průtoku **REG-0102, G 3/4 (DN 20), mosazný o průtoku 2 l/min** od firmy KOBOLD.



Obrázek 44: Regulátor průtoku REG-0102 0102 [24]

B.7.7 Dimenzování rozvodů v technické místnosti

Propojení jednotlivých zařízení v technické místnosti bude pomocí měděného potrubí vedeného převážně pod stropem, opatřeného tepelnou izolací příslušných tlouštěk.

Tabulka 14: Dimenzování rozvodů v technické místnosti

TČ $\Delta t = 7^\circ \text{C}$										
MATERIÁL	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN [Dxt]	R [Pa/m]	w [m/s]	$\sum \xi$ [-]	Z [Pa]	R.l+Z [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
MĚĎ	47218	5800	4,4	57x2,0	106,6	0,74	8,2	2245	2714	2714
MĚĎ	94436	11600	7,55	76x2,0	84,5	0,80	13	4160	4798	7512


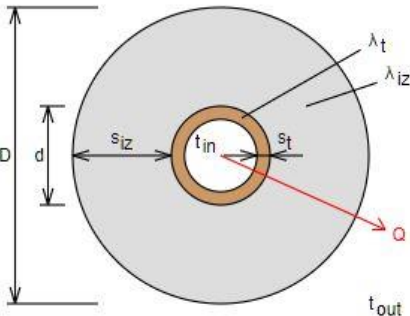
AN – R+S $\Delta t = 15^\circ \text{C}$										
MATERIÁL	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN [Dxt]	R [Pa/m]	w [m/s]	$\sum \xi$ [-]	Z [Pa]	R.l+Z [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
MĚĎ	61958	3551,59	3,2	54x2,0	60,20	0,51	14,9	1938	2130	2130

VZT $\Delta t = 15^\circ \text{C}$										
MATERIÁL	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN [Dxt]	R [Pa/m]	w [m/s]	$\sum \xi$ [-]	Z [Pa]	R.l+Z [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
MĚĎ	19100	1094,87	32,80	28x1,5	204,00	0,62	19	3652	10343	10343


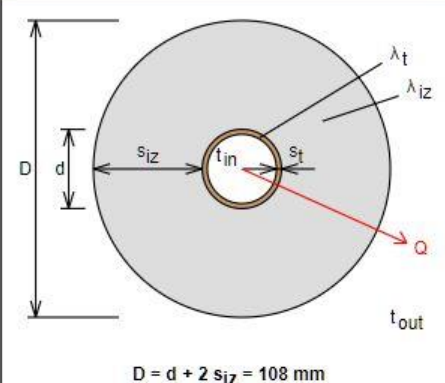
OHŘEV VODY $\Delta t = 15^\circ \text{C}$										
MATERIÁL	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN [Dxt]	R [Pa/m]	w [m/s]	$\sum \xi$ [-]	Z [Pa]	R.l+Z [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
MĚĎ	26000	1490,40	10,4	35x1,5	106,60	0,52	18,2	2461	3565	3565

B.7.8 Návrh tloušťky tepelné izolace potrubí


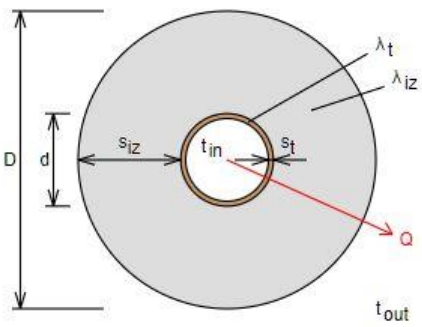
Dle vyhlášky č. 193/2007 Sb. kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu, je nutno všechny vnitřní rozvody, pokud neslouží k vytápění, opatřit tepelnou izolací. Je také definován určující součinitel prostupu tepla vnitřních rozvodů $U_{0,193/2007}$, který závisí na vnějším průměru potrubí a musí být menší než součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí U_0 .

<p>Izolace - podrobné technické informace</p> <p>PAROC > Section aluCoat T</p> <p>Rozměry izolace - tl. 20</p> <p>Tloušťka $s_{iz} = 20$ mm</p> <p>Souč. tepelné vodivosti $\lambda_{iz} = 0.035$ W / m K</p>	
<p>Trubka</p> <p>Ekoplastik STABI PN 20</p> <p>Rozměry trubky - 20x2.8</p> <p>Průměr $d = 20$ mm</p> <p>Tloušťka stěny $s_t = 2.8$ mm</p> <p>Souč. tepelné vodivosti $\lambda_t = 0.22$ W / m K</p>	<p>Izolační pouzdra PAROC Section AluCoat T jsou vhodná na většinu standardních průměrů potrubí i ventilačních průduchů kruhových průřezů. Pro snazší montáž na potrubí jsou izolační pouzdra podélně rozříznuta. Při dobrém utěsnění spoju tvoří povrchová úprava parotěsnou zábranu</p> <p>Rozsah provozních teplot: do 250 °C</p>
 <p>$D = d + 2 s_{iz} = 60$ mm</p>	<p>Potrubí</p> <p>Teplota média $t_{in} = 38$ °C</p> <p>Teplota v okolí potrubí $t_{out} = 20$ °C</p> <p>Relativní vlhkost vzduchu $rh = 65$ % ???</p> <p>Teplota rosného bodu $t_w = 13.6$ °C</p> <p>Součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu $\alpha_e = 10$ W / m² K</p> <p>Délka potrubí $l = 1$ m</p>
<p>Určující souč. prostupu tepla (dle vyhl. 193/2007)</p>	<p>DN 20 - DN 32 => $U_{0,193/2007} = 0.18$ W / m K</p>
<p>Součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí</p>	<p>$U_0 = 0.172 \leq 0.18$ W / m K => VYHOVUJE požadavkům vyhlášky č. 193/2007</p>
<p>Povrchová teplota izolovaného potrubí</p>	<p>$t_{p,iz} = 21.6$ °C > t_w => na povrchu potrubí nedochází ke kondenzaci</p>
<p>Tepelná ztráta potrubí bez izolace</p>	<p>$q_p = 9.8$ W/m</p>
<p>Tepelná ztráta potrubí s izolací</p>	<p>$q_{iz} = 3.1$ W/m</p>
<p>Energetická úspora izolovaného potrubí</p>	<p>69 %</p>
<p></p>	<p></p>
<p>Střední spotřeba izolace</p>	<p>0.1257 m² - platí pro plošnou izolaci</p>


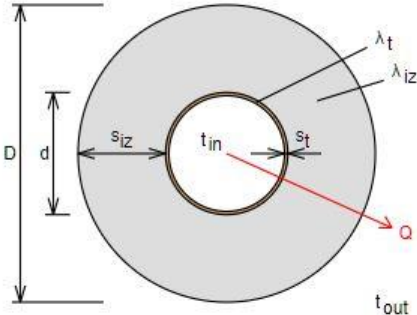
Obrázek 45: Návrh tloušťky tepelné izolace pro plastové potrubí o rozměrech 20x2,8 mm [25]

Izolace - podrobné technické informace PAROC > Section aluCoat T Rozměry izolace - tl. 40 Tloušťka $s_{iz} = 40$ mm Souč. tepelné vodivosti $\lambda_{iz} = 0.035$ W / m K		 <p>izolační pouzdra PAROC Section AluCoat T jsou vhodná na většinu standardních průměrů potrubí i ventilačních proudů kruhových průřezů. Pro snazší montáž na potrubí jsou izolační pouzdra podélně rozříznuta. Při dobrém utěsnění spojů tvoří povrchová úprava parotěsnou zábranu</p> <p>Rozsah provozních teplot: do 250 °C</p>
Trubka Měď Rozměry trubky - 28x1.5 Průměr $d = 28$ mm Tloušťka stěny $s_t = 1.5$ mm Souč. tepelné vodivosti $\lambda_t = 372$ W / m K		
 <p>$D = d + 2 \cdot s_{iz} = 108$ mm</p>		Potrubí Teplota média $t_{in} = 50$ °C Teplota v okolí potrubí $t_{out} = 20$ °C Relativní vlhkost vzduchu $rh = 65$ % Teplota rosného bodu $t_w = 13.6$ °C Součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu $\alpha_e = 10$ W / m ² K Délka potrubí $l = 1$ m
Určující souč. prostupu tepla (dle vyhl. 193/2007) DN 20 - DN 32 => $U_{0,193/2007} = 0.18$ W / m K		
Součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí $U_0 = 0.156 \leq 0.18$ W / m K => VYHOVUJE požadavkům vyhlášky č. 193/2007		
Povrchová teplota izolovaného potrubí $t_{p,iz} = 21.4$ °C > t_w => na povrchu potrubí nedochází ke kondenzaci		
Tepelná ztráta potrubí bez izolace $q_p = 26.4$ W/m		
Tepelná ztráta potrubí s izolací $q_{iz} = 4.7$ W/m		
Energetická úspora izolovaného potrubí 82 %		
Střední spotřeba izolace 0.2136 m ² - platí pro plošnou izolaci		


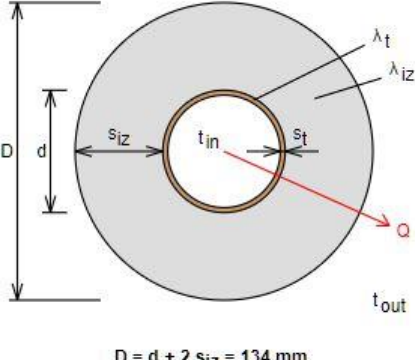
Obrázek 46: Návrh tloušťky tepelné izolace pro měděné potrubí o rozměrech 28x1,5 mm [25]

Izolace - podrobné technické informace PAROC > Section aluCoat T Rozměry izolace - tl. 40 Tloušťka $s_{iz} = 40$ mm Souč. tepelné vodivosti $\lambda_{iz} = 0.035$ W / m K		 <p>Izolační pouzdra PAROC Section AluCoat T jsou vhodná na většinu standardních průměrů potrubí i ventilačních průduchů kruhových průřezů. Pro snazší montáž na potrubí jsou izolační pouzdra podélně rozříznuta. Při dobrém utěsnění spojů tvoří povrchová úprava parotěsnou zábranu</p> <p>Rozsah provozních teplot: do 250 °C</p>
Trubka Měď Rozměry trubky - 35x1.5 Průměr $d = 35$ mm Tloušťka stěny $s_t = 1.5$ mm Souč. tepelné vodivosti $\lambda_t = 372$ W / m K		
 <p>$D = d + 2 s_{iz} = 115$ mm</p>		Potrubí Teplota média $t_{in} = 45$ °C Teplota v okolí potrubí $t_{out} = 20$ °C Relativní vlhkost vzduchu $rh = 65$ % ??? Teplota rosného bodu $t_w = 13.6$ °C Součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu $\alpha_e = 10$ W / m ² K Délka potrubí $l = 1$ m
Určující souč. prostupu tepla (dle vyhl. 193/2007)		DN 20 - DN 32 => $U_{0,193/2007} = 0.18$ W / m K
Součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí		$U_0 = 0.176 \leq 0.18$ W / m K => VYHOVUJE požadavkům vyhlášky č. 193/2007
Povrchová teplota izolovaného potrubí		$t_{p,iz} = 21.2$ °C > t_w => na povrchu potrubí nedochází ke kondenzaci
Tepelná ztráta potrubí bez izolace		$q_p = 27.5$ W/m
Tepelná ztráta potrubí s izolací		$q_{iz} = 4.4$ W/m
Energetická úspora izolovaného potrubí		84 %
Střední spotřeba izolace		0.2356 m ² - platí pro plošnou izolaci


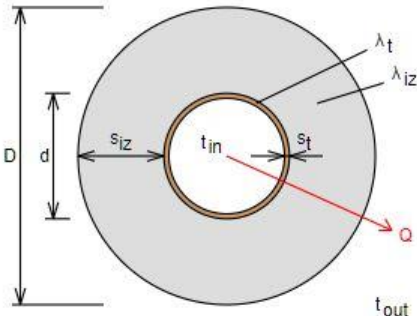
Obrázek 47: Návrh tloušťky tepelné izolace pro měděné potrubí o rozměrech 35x1,5 mm [25]

Izolace - podrobné technické informace PAROC > Section aluCoat T Rozměry izolace - tl. 30 Tloušťka $s_{iz} = 30$ mm Souč. tepelné vodivosti $\lambda_{iz} = 0.035$ W / m K		 <p>Izolační pouzdra PAROC Section AluCoat T jsou vhodná na většinu standardních průměrů potrubí i ventilačních proudů kruhových průřezů. Pro snazší montáž na potrubí jsou izolační pouzdra podélně rozříznuta. Při dobrém utěsnění spojů tvoří povrchová úprava parotěsnou zábranu</p> <p>Rozsah provozních teplot: do 250 °C</p>
Trubka Měď Rozměry trubky - 42x1.5 Průměr $d = 42$ mm Tloušťka stěny $s_t = 1.5$ mm Souč. tepelné vodivosti $\lambda_t = 372$ W / m K		
 <p>$D = d + 2 s_{iz} = 102$ mm</p>		Potrubí Teplota média $t_{in} = 38$ °C Teplota v okolí potrubí $t_{out} = 20$ °C Relativní vlhkost vzduchu $rh = 65$ % ??? Teplota rosného bodu $t_w = 13.6$ °C Součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu $\alpha_e = 10$ W / m ² K Délka potrubí $l = 1$ m
Určující souč. prostupu tepla (dle vyhl. 193/2007)		DN 40 - DN 65 => $U_{0,193/2007} = 0.27$ W / m K
Součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí		$U_0 = 0.228 \leq 0.27$ W / m K => VYHOVUJE požadavkům vyhlášky č. 193/2007
Povrchová teplota izolovaného potrubí		$t_{p,iz} = 21.3$ °C > t_w => na povrchu potrubí nedochází ke kondenzaci
Tepelná ztráta potrubí bez izolace		$q_p = 23.7$ W/m
Tepelná ztráta potrubí s izolací		$q_{iz} = 4.1$ W/m
Energetická úspora izolovaného potrubí		83 %
Střední spotřeba izolace		0.2262 m ² - platí pro plošnou izolaci


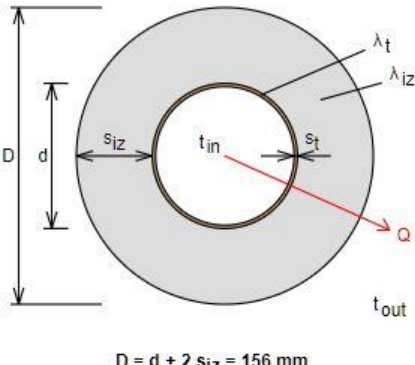
Obrázek 48: Návrh tloušťky tepelné izolace pro měděné potrubí o rozměrech 42x1,5 mm [25]

Izolace - podrobné technické informace PAROC > Section aluCoat T Rozměry izolace - tl. 40 Tloušťka $s_{iz} = 40$ mm Souč. tepelné vodivosti $\lambda_{iz} = 0.035$ W / m K		 <p>Izolační pouzdra PAROC Section AluCoat T jsou vhodná na většinu standardních průměrů potrubí i ventilačních průduchů kruhových průřezů. Pro snazší montáž na potrubí jsou izolační pouzdra podélně rozříznuta. Při dobrém utěsnění spojů tvoří povrchová úprava parotěsnou zábranu</p> <p>Rozsah provozních teplot: do 250 °C</p>
Trubka Měď Rozměry trubky - 54x2 Průměr $d = 54$ mm Tloušťka stěny $s_t = 2$ mm Souč. tepelné vodivosti $\lambda_t = 372$ W / m K		
 <p>$D = d + 2 s_{iz} = 134$ mm</p>		Potrubí Teplota média $t_{in} = 50$ °C Teplota v okolí potrubí $t_{out} = 20$ °C Relativní vlhkost vzduchu $rh = 65$ % ??? Teplota rosného bodu $t_W = 13.6$ °C Součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu $\alpha_e = 10$ W / m ² K Délka potrubí $l = 1$ m
Určující souč. prostupu tepla (dle vyhl. 193/2007)		DN 40 - DN 65 => $U_{O,193/2007} = 0.27$ W / m K
Součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí		$U_O = 0.23 \leq 0.27$ W / m K => VYHOVUJE požadavkům vyhlášky č. 193/2007
Povrchová teplota izolovaného potrubí		$t_{p,iz} = 21.6$ °C > t_W => na povrchu potrubí nedochází ke kondenzaci
Tepelná ztráta potrubí bez izolace		$q_p = 50.9$ W/m
Tepelná ztráta potrubí s izolací		$q_{iz} = 6.9$ W/m
Energetická úspora izolovaného potrubí		86 %
Střední spotřeba izolace		0.2953 m ² - platí pro plošnou izolaci

Obrázek 49: Návrh tloušťky tepelné izolace pro měděné potrubí o rozměrech 54x2,0 mm [25]

Izolace - podrobné technické informace PAROC > Section aluCoat T Rozměry izolace - tl. 40 Tloušťka $s_{iz} = 40$ mm Souč. tepelné vodivosti $\lambda_{iz} = 0.035$ W / m K		 <p>Izolační pouzdra PAROC Section AluCoat T jsou vhodná na většinu standardních průměrů potrubí i ventilačních proudů kruhových průřezů. Pro snazší montáž na potrubí jsou izolační pouzdra podélně rozříznuta. Při dobrém utěsnění spoju tvoří povrchová úprava parotěsnou zábranu</p> <p>Rozsah provozních teplot: do 250 °C</p>
Trubka Měď Rozměry trubky - 57x2 Průměr $d = 57$ mm Tloušťka stěny $s_t = 2$ mm Souč. tepelné vodivosti $\lambda_t = 372$ W / m K		
 <p>$D = d + 2 \cdot s_{iz} = 137$ mm</p>		Potrubí Teplota média $t_{in} = 55$ °C Teplota v okolí potrubí $t_{out} = 20$ °C Relativní vlhkost vzduchu $rh = 65$ % ??? Teplota rosného bodu $t_w = 13.6$ °C Součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu $\alpha_e = 10$ W / m ² K Délka potrubí $l = 1$ m
Určující souč. prostupu tepla (dle vyhl. 193/2007) DN 40 - DN 65 => $U_{0,193/2007} = 0.27$ W / m K		
Součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí $U_0 = 0.24 \leq 0.27$ W / m K => VYHOVUJE požadavkům vyhlášky č. 193/2007		
Povrchová teplota izolovaného potrubí $t_{p,iz} = 21.9$ °C > t_w => na povrchu potrubí nedochází ke kondenzaci		
Tepelná ztráta potrubí bez izolace $q_p = 62.7$ W/m		
Tepelná ztráta potrubí s izolací $q_{iz} = 8.4$ W/m		
Energetická úspora izolovaného potrubí 87 %		
Střední spotřeba izolace 0.3047 m ² - platí pro plošnou izolaci		

Obrázek 50: Návrh tloušťky tepelné izolace pro měděné potrubí o rozměrech 57x2,0 mm [25]

Izolace - podrobné technické informace PAROC > Section aluCoat T Rozměry izolace - tl. 40 Tloušťka $s_{iz} = 40$ mm Souč. tepelné vodivosti $\lambda_{iz} = 0.035$ W / m K		 <p>Izolační pouzdra PAROC Section AluCoat T jsou vhodná na většinu standardních průměrů potrubí i ventilačních průduchů kruhových průřezů. Pro snazší montáž na potrubí jsou izolační pouzdra podélně rozříznuta. Při dobrém utěsnění spojů tvoří povrchová úprava parotěsnou zábranu</p> <p>Rozsah provozních teplot: do 250 °C</p>
Trubka Měď Rozměry trubky - 76x2 Průměr $d = 76$ mm Tloušťka stěny $s_t = 2$ mm Souč. tepelné vodivosti $\lambda_t = 372$ W / m K		
 <p>$D = d + 2 s_{iz} = 156$ mm</p>		Potrubí Teplota média $t_{in} = 55$ °C Teplota v okolí potrubí $t_{out} = 20$ °C Relativní vlhkost vzduchu $rh = 65$ % ??? Teplota rosného bodu $t_w = 13.6$ °C Součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu $\alpha_e = 10$ W / m ² K Délka potrubí $l = 1$ m
Určující souč. prostupu tepla (dle vyhl. 193/2007)		DN 80 - DN 125 => $U_{o,193/2007} = 0.34$ W / m K
Součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí		$U_o = 0.291 \leq 0.34$ W / m K => VYHOVUJE požadavkům vyhlášky č. 193/2007
Povrchová teplota izolovaného potrubí		$t_{p,iz} = 22.1$ °C > t_w => na povrchu potrubí nedochází ke kondenzaci
Tepelná ztráta potrubí bez izolace		$q_p = 83.6$ W/m
Tepelná ztráta potrubí s izolací		$q_{iz} = 10.2$ W/m
Energetická úspora izolovaného potrubí		88 %
Střední spotřeba izolace		0.3644 m ² - platí pro plošnou izolaci

Obrázek 51: Návrh tloušťky tepelné izolace pro měděné potrubí o rozměrech 76x2,0 mm [25]

Potrubí bude izolováno potrubním pouzdem z kaširované kamenné vlny, které je na povrchu zesíleno hliníkovou fólií se samolepícím přesahem typu **PAROC Hvac Section AluCoat T** od firmy Paroc Group. Pro připojovací potrubí z PE-Xa k otopným tělesům, které je vedené v tepelné izolaci, postačí poloviční tloušťka požadované tepelné izolace, tedy 10 mm.

Tabulka 15: Posouzení navržené tloušťky tepelné izolace potrubí

MATERIÁL	ROZMĚR POTRUBÍ D x t [mm]	TLOUŠŤKA IZOLACE [mm]	$U_{0,193/2007}$ [W/(m.K)]	U_0 [W/(m.K)]	POSOUZENÍ
PE-Xa	20x2,8	20	0,18	0,172	VYHOVÍ
MĚĎ	28x1,5	40	0,18	0,156	VYHOVÍ
MĚĎ	35x1,5	40	0,18	0,176	VYHOVÍ
MĚĎ	42x1,5	30	0,27	0,228	VYHOVÍ
MĚĎ	54x2,0	40	0,27	0,230	VYHOVÍ
MĚĎ	57x2,0	40	0,27	0,240	VYHOVÍ
MĚĎ	76x2,0	40	0,34	0,291	VYHOVÍ

B.7.9 Návrh oběhových čerpadel

V technické místnosti se nachází několik oběhových čerpadel (Č) zajišťujících dodávku vody po celém objektu. Všechna navrhovaná oběhová čerpadla jsou čerpadla pro vytápění se zapuštěným rotorem od firmy Grundfos.

Tabulka 16: Vstupní údaje pro návrh oběhových čerpadel

OZN.	VĚTEV	M [kg/h]	Δp_{dis} [Pa]	Δp_{AN-R+S} [Pa]	Δp_{TC} [Pa]	Δp_z [Pa]	Δp_{TSV} [Pa]	Δp_{zk} [Pa]	Δp_e [Pa]
Č1	TČ – 2 ks	5800	3934	-	14000	-	-	2700	20634
Č2	VZT	1095	10343	2130	-	-	-	2400	14873
Č3	Z	1490	3565	2130	-	2000	-	1700	9395
Č4	VYT	1812	8452	2130	-	-	8350	2100	21033



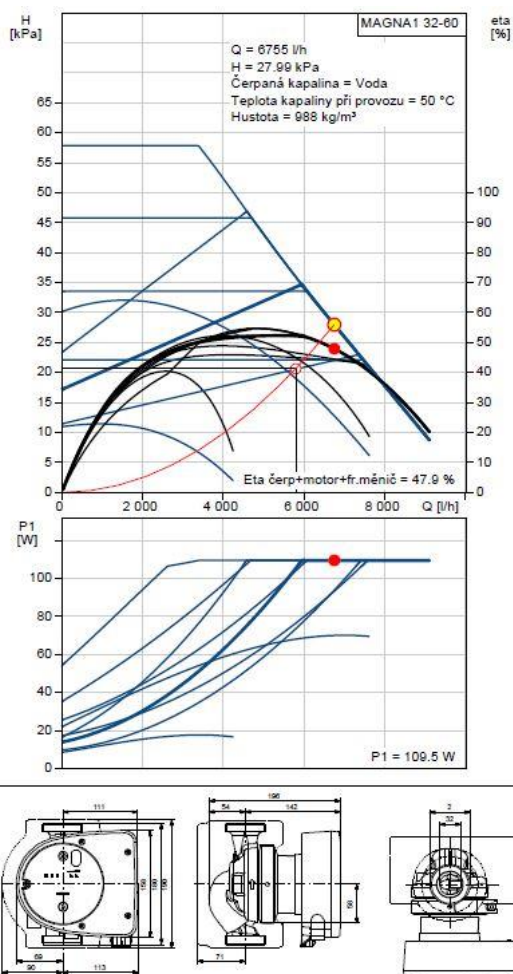
Obrázek 52: MAGNA1 [26]



Obrázek 53: ALPHA1 L [26]

Pro dodávku teplé vody z každého tepelného čerpadla do akumulční nádrže bylo navrženo jedno oběhové čerpadlo **MAGNA1 32-60**. Celkem se tedy v technické místnosti budou nacházet 2 ks tohoto typu čerpadla.

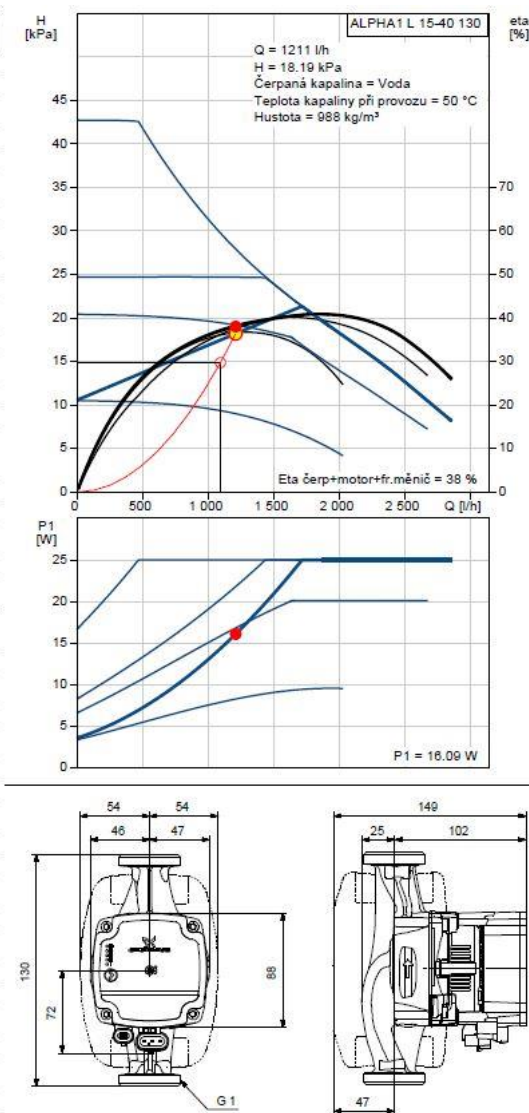
Popis	Hodnota
Všeobecná informace:	
Název výrobku:	MAGNA1 32-60
Číslo výrobku:	Na vyžádání
EAN kód:	Na vyžádání
Techn.:	
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	6755 l/h
Výsledná dopravní výška čerpadla:	27.99 kPa
Max. dopravní výška:	60 dm
Teplotní třída TF:	110
Schval. značky na typovém štítku:	CE,VDE,EAC,CN ROHS,WEEE
Model:	C
Materiály:	
Těleso čerpadla:	Litina
	EN-GJL-200
	ASTM A48-200B
Oběžné kolo:	PES 30%GF
Instalace:	
Rozsah okolní teploty:	0 .. 40 °C
Max. provozní tlak:	10 bar
Potrubní přípojka:	G 2"
PN pro potrubní přípojku:	PN10
Vzdálenost mezi sacím a výtlačným hrdlem:	180 mm
Kapalina:	
Čerpaná kapalina:	Voda
Rozsah teploty kapaliny:	-10 .. 110 °C
Selected liquid temperature:	50 °C
Hustota:	988 kg/m³
Elektrické údaje:	
Příkon - P1:	9 .. 111 W
Frekvence el. sítě:	50 Hz
Jmenovité napětí:	1 x 230 V
Max. spotřeba el. proudu:	0.09 .. 0.9 A
Krytí (IEC 34-5):	X4D
Třída izolace (IEC 85):	F
Jiné:	
Energet. účinnost (EEI):	0.20
Čistá hmotnost:	4.5 kg
Hrubá hmotnost:	5.5 kg
Shipping volume:	0.013 m³



Obrázek 54: Oběhové čerpadlo Č1 – MAGNA1 32-60 [26]

Dodávku teplé vody z technické místnosti do strojovny vzduchotechniky, kde se nachází ohřívač VZT jednotky, bude zajišťovat oběhové čerpadlo **ALPHA1 L 15-40 130**.

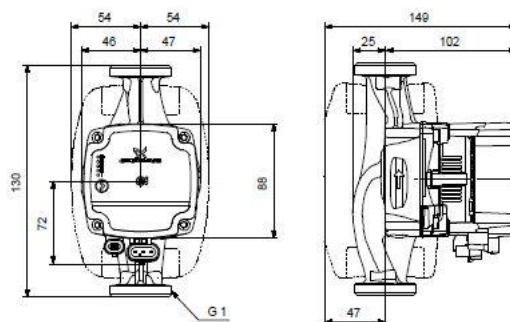
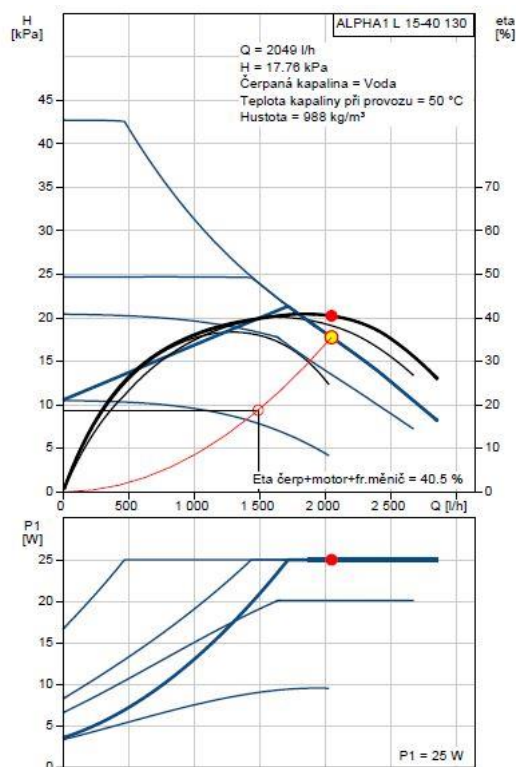
Popis	Hodnota
Všeobecná informace:	
Název výrobku:	ALPHA1 L 15-40 130
Číslo výrobku:	Na vyžádání
EAN kód:	Na vyžádání
Techn.:	
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	1211 l/h
Výsledná dopravní výška čerpadla:	18.19 kPa
Max. dopravní výška:	40 dm
Teplotní třída TF:	95
Schval. značky na typovém štítku:	CE,VDE,EAC
Model:	C
Materiály:	
Těleso čerpadla:	Litina
	EN 1561 EN-GJL-150
	ASTM A48-150B
Oběžné kolo:	Composite/PES 30 % GF
Instalace:	
Rozsah okolní teploty:	0 .. 55 °C
Max. provozní tlak:	10 bar
Potrubií přípojka:	G 1
PN pro potrubií přípojku:	PN 10
Vzdálenost mezi sacím a výtlačným hrdlem:	130 mm
Kapalina:	
Čerpaná kapalina:	Voda
Rozsah teploty kapaliny:	2 .. 95 °C
Selected liquid temperature:	50 °C
Hustota:	988 kg/m³
Elektrické údaje:	
Příkon - P1:	4 .. 25 W
Frekvence el. sítě:	50 Hz
Jmenovité napětí:	1 x 230 V
Max. spotřeba el. proudu:	0.05 .. 0.26 A
Krytí (IEC 34-5):	X4D
Třída izolace (IEC 85):	F
Motorová ochrana:	Žádný
Teplotní ochrana:	ELEC
Řídící jednotky:	
Poloha svorkovnice:	6H
Jiné:	
Energet. účinnost (EEI):	0.20
Čistá hmotnost:	1.88 kg
Hrubá hmotnost:	1.98 kg
Převážný objem:	0.004 m³



Obrázek 55: Oběhové čerpadlo Č2 – ALPHA1 L 15-40 130 [26]

Pro větev k zásobníku teplé vody bylo navrženo oběhové čerpadlo **ALPHA1 L 15-40 130**.

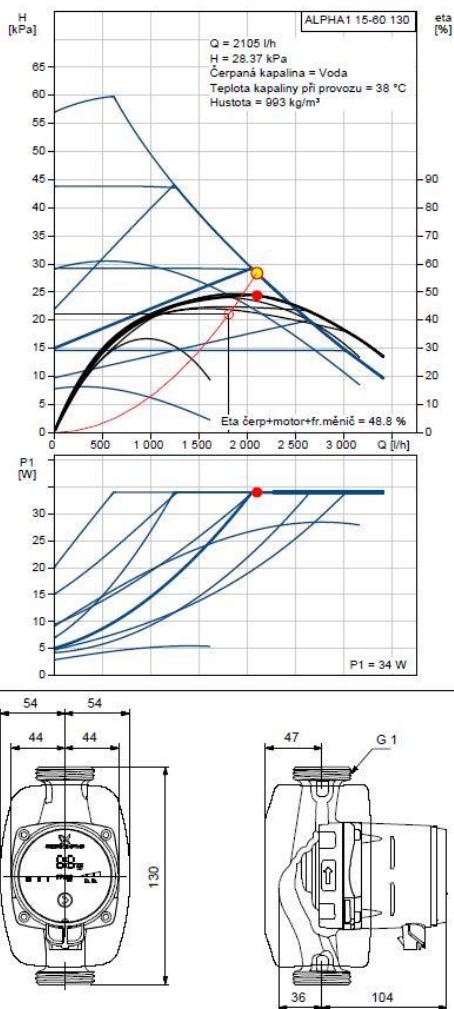
Popis	Hodnota
Všeobecná informace:	
Název výrobku:	ALPHA1 L 15-40 130
Číslo výrobku:	Na vyžádání
EAN kód:	Na vyžádání
Techn.:	
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	2049 l/h
Výsledná dopravní výška čerpadla:	17.76 kPa
Max. dopravní výška:	40 dm
Teplotní třída TF:	95
Schval. značky na typovém štítku:	CE,VDE,EAC
Model:	C
Materiály:	
Těleso čerpadla:	Litina
	EN 1561 EN-GJL-150
	ASTM A48-150B
Oběžné kolo:	Composite/PES 30 % GF
Instalace:	
Rozsah okolní teploty:	0 .. 55 °C
Max. provozní tlak:	10 bar
Potrubní přípojka:	G 1
PN pro potrubní přípojku:	PN 10
Vzdálenost mezi sacím a výtlačným hrdlem:	130 mm
Kapalina:	
Čerpaná kapalina:	Voda
Rozsah teploty kapaliny:	2 .. 95 °C
Selected liquid temperature:	50 °C
Hustota:	988 kg/m³
Elektrické údaje:	
Příkon - P1:	4 .. 25 W
Frekvence el. sítě:	50 Hz
Jmenovité napětí:	1 x 230 V
Max. spotřeba el. proudu:	0.05 .. 0.26 A
Krytí (IEC 34-5):	X4D
Třída izolace (IEC 85):	F
Motorová ochrana:	Žádný
Teplotní ochrana:	ELEC
Rídící jednotky:	
Poloha svorkovnice:	6H
Jiné:	
Energet. účinnost (EEI):	0.20
Čistá hmotnost:	1.88 kg
Hrubá hmotnost:	1.98 kg
Přepavní objem:	0.004 m³



Obrázek 56: Oběhové čerpadlo Č3 – ALPHA1 L 15-40 130 [26]

Dodávku teplé vody z technické místnosti k otopným plochám bude zajišťovat oběhové čerpadlo ALPHA1 15-60 130.

Popis	Hodnota
Všeobecná informace:	
Název výrobku:	ALPHA1 15-60 130
Číslo výrobku:	Na vyžádání
EAN kód:	Na vyžádání
Techn.:	
Skutečná vypočítaná hodnota průtoku:	2105 l/h
Výsledná dopravní výška čerpadla:	28.37 kPa
Max. dopravní výška:	60 dm
Teplotní třída TF:	110
Schval. značky na typovém štítku:	CE, VDE
Model:	B
Materiály:	
Těleso čerpadla:	Litina
	EN 1561 EN-GJL-150
	ASTM A48M-150B
Oběžné kolo:	PES
Instalace:	
Rozsah okolní teploty:	0 .. 40 °C
Max. provozní tlak:	10 bar
Potrubií přípojka:	G 1
PN pro potrubní přípojku:	PN 10
Vzdálenost mezi sacím a výtlačným hrdlem:	130 mm
Kapalina:	
Čerpaná kapalina:	Voda
Rozsah teploty kapaliny:	2 .. 110 °C
Selected liquid temperature:	38 °C
Hustota:	993 kg/m³
Elektrické údaje:	
Příkon - P1:	3 .. 34 W
Frekvence el. sítě:	50 / 60 Hz
Jmenovité napětí:	1 x 230 V
Max. spotřeba el. proudu:	0.04 .. 0.32 A
Krytí (IEC 34-5):	X4D
Třída izolace (IEC 85):	F
Motorová ochrana:	Žádný
Teplotní ochrana:	ELEC
Řídící jednotky:	
Automat. noční reduk. provoz:	N
Poloha svorkovnice:	6H
Jiné:	
Energet. účinnost (EEI):	0.20
Čistá hmotnost:	1.73 kg
Hrubá hmotnost:	1.86 kg
Přepravní objem:	0.004 m³



Obrázek 57: Oběhové čerpadlo Č4 – ALPHA1 15-60 130 [26]

B.8 Návrh zabezpečovacích zařízení

Bez zabezpečovacích zařízení nemůže být žádná otopná soustava uvedena do provozu, jelikož chrání otopnou soustavu proti překročení nejvyššího dovoleného přetlaku nebo podtlaku. Výpočet tlakové expanzní nádoby a pojistných ventilů je proveden podle ČSN 06 0830 – Tepelné soustavy v budovách – Zabezpečovací zařízení.

B.8.1 Návrh expanzního zařízení

Expanzním zařízením bude uzavřená expanzní nádoba (EN). Ta umožňuje změny objemu vody v soustavě způsobené tepelnou objemovou roztažností při ohřátí z 10 °C na nejvyšší požadovanou teplotu, přičemž nedovolí zvýšení tlaku a zbytečné ztráty otopné vody.

Vstupní údaje:

$Q_p = 95,4 \text{ kW}$	...jmenovitý výkon zdroje tepla
$V_o = 1,411 \text{ m}^3$	...objem vody v soustavě
$h_o = 2,5 \text{ m}$	...výška otopná soustavy
$h_{MR} = 1,8 \text{ m}$	...výška manometrické roviny
$t_{max} = 55 \text{ °C}$	...maximální teplota otopné vody

Provozní přetlak nejnižší a nejvyšší:

$$p_{ddov} \geq 1,1 \cdot h_o \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3} = 1,1 \cdot 2,5 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3} = 26,98 \text{ kPa} \rightarrow \text{volím } p_d = 50 \text{ kPa}$$

$$p_{hdov} = 350 \text{ kPa} < p_k - (h_{MR} \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3}) = 600 - (1,8 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3}) = 582,34 \text{ kPa}$$

$$\rightarrow \text{volím } p_{hp} = 350 \text{ kPa}$$

Expanzní objem:

$$\Delta t_m = t_{max} - t_1 = 55 - 10 = 45 \text{ °C} \rightarrow n = 0,14$$

$$V_e = 1,3 \cdot V_o \cdot n = 1,3 \cdot 1,411 \cdot 0,14 = 0,026 \text{ m}^3$$

Potřebný objem expanzní nádoby:

$$V_{ep} = V_e \cdot \frac{p_{hp} + 100}{p_{hp} - p_d} = 0,026 \cdot \frac{350 + 100}{350 - 50} = 0,039 \text{ m}^3$$

Průměr expanzního potrubí:

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_p} = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{95,4} = 15,86 \text{ mm} \rightarrow \text{navrhuji DN 20}$$

Volím expanzní nádobu **AQUAFILL HS040** o objemu 40 l v závěsném provedení od firmy Regulus.



ZÁVĚSNÉ PROVEDENÍ		HS005	HS008	HS012	HS018	HS025	HS040
OBJEM	l	5	8	12	18	25	40
PRŮMĚR	mm	160	200	270	270	290	320
VÝŠKA	mm	325	330	310	425	468	580
PŘIPOJENÍ	--	3/4" M	3/4" M	3/4" M	3/4" M	3/4" M	3/4" M
MAX.PRACOVNÍ TLAK	bar	6	6	6	6	6	6
OBJEDNACÍ KÓD	--	13731	13732	13734	13735	13736	13737

Obrázek 58: Specifikace expanzní nádoby AQUAFILL HS040 [27]

B.8.2 Návrh pojistného zařízení

Každý zdroj tepla musí být vybaven pojistným zařízením, kterým je typicky pojistný ventil (PV) zabezpečující soustavu proti překročení nejvyššího dovoleného přetlaku. Pokud dojde k překročení tohoto tlaku, PV se samočinně otevře a tím odvede přebytečný tlak i s částí vody, čímž se sníží tlak v soustavě a ventil se může opět uzavřít. Přepad pojistného ventilu se svede k podlahové vpusti, upuštěná voda bude do soustavy doplněna ručně přes vypouštěcí kohout napojený na spodní část AN. Jakýkoliv PV musí být ke zdroji v pojistném úseku připojen neuzavíratelným pojistným potrubím o daném průměru.

Pro tuto soustavu s TČ je použit výpočet pro zdroj tepla skupiny A1, který neuvažuje se skupenskou přeměnou vody na páru.

Pojistný ventil pro tepelné čerpadlo

Vstupní údaje:

$Q_p = 47,7 \text{ kW}$	...jmenovitý výkon zdroje tepla
$p_{ot} = 350 \text{ kPa}$	...otevírací přetlak
$\alpha_v = 0,68$	...výtokový součinitel
$a = 1,23$	...součinitel zvětšení sedla

Průřez sedla pojistného ventilu:

$$A_0 = \frac{2 \cdot Q_p}{\alpha_v \cdot \sqrt{p_{ot}}} = \frac{2 \cdot 47,7}{0,68 \cdot \sqrt{350}} = 7,50 \text{ mm}^2$$

Průměr sedla ideálního a skutečného pojistného ventilu:

$$d_i = 2 \sqrt{\frac{A_0}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{7,50}{\pi}} = 3,09 \text{ mm}$$

$$d_0 = a \cdot d_i = 1,23 \cdot 3,09 = 3,80 \text{ mm}$$

Profil (vnitřní průměr) pojistného potrubí:

$$d_p = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{Q_p} = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{47,7} = 24,67 \text{ mm} \rightarrow \text{navrhují potrubí DN 25}$$

Pro návrh je rozhodující velikost pojistného potrubí. Pro každé tepelné čerpadlo tedy navrhují pojistný ventil typu **DUCO DN 25 s průřezem sedla 22 mm a otevíracím přetlakem 3,5 bar** od firmy MEIBES.

Pojistný ventil pro akumulční nádrž

Vstupní údaje:

$Q_p = 12 \text{ kW}$	...jmenovitý výkon zdroje tepla
$p_{ot} = 350 \text{ kPa}$	...otevírací přetlak
$\alpha_v = 0,58$	...výtokový součinitel
$a = 1,32$	...součinitel zvětšení sedla

Průřez sedla pojistného ventilu:

$$A_0 = \frac{2 \cdot Q_p}{\alpha_v \cdot \sqrt{p_{ot}}} = \frac{2 \cdot 12}{0,58 \cdot \sqrt{350}} = 2,21 \text{ mm}^2$$

Průměr sedla ideálního a skutečného pojistného ventilu:

$$d_i = 2 \sqrt{\frac{A_0}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{2,21}{\pi}} = 1,68 \text{ mm}$$

$$d_0 = a \cdot d_i = 1,32 \cdot 1,68 = 2,22 \text{ mm}$$

Profil (vnitřní průměr) pojistného potrubí:

$$d_p = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{Q_p} = 15 + 1,4 \cdot \sqrt{12} = 19,85 \text{ mm} \rightarrow \text{navrhuji potrubí DN 20}$$

Pro návrh je rozhodující velikost pojistného potrubí. Pro akumulční nádrž teda navrhuji pojistný ventil typu **DUCO DN 20 s průřezem sedla 15 mm a otevíracím přetlakem 3,5 bar** od firmy MEIBER.

Typové označení	Jmenovitá světlost DN [mm]	Nejmenší průtočný průřez [mm ²]	Zaručený výtokový součinitel α_w [-]	Otevírací tlak p_o [kPa] Při p_o do 300 kPa tolerance ± 10 % Při p_o nad 300 kPa tolerance ± 30 kPa
Pro topení:				
1/2" x 1/2"	15	177	0,540	200; 250; 300; 600; 800
1/2" x 3/4"	15	177	0,540	150; 180; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550; 600; 700; 800; 900; 1000
3/4" x 3/4"	20	177	0,580	200; 250; 300; 600; 800
3/4" x 1"	20	177	0,580	100; 150; 180; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550; 600; 700; 800; 900; 1000
1" x 1 1/4"	25	380	0,684	50; 100; 150; 180; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550; 600; 700; 800; 900; 1000
1 1/4" x 1 1/2"	32	804	0,693	100; 150; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550; 600; 700; 800; 900; 1000
1 1/2" x 2"	40	1017	0,549	50; 100; 150; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550; 600; 700; 800; 900; 1000
2" x 2 1/2"	50	1589	0,576	50; 100; 150; 200; 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550; 600; 700; 800; 900; 1000

Obrázek 59: Specifikace pojistných ventilů DUCO firmy MEIBER [28]

B.9 Roční potřeba tepla a elektrické energie

Výpočet roční potřeby tepla je proveden denostupňovou metodou. Venkovní výpočtová teplota a počty dnů otopného období jsou stanoveny dle průměrné venkovní teploty dle ČSN 38 3350 – Zásobování teplem a ČSN 06 0210 – Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění.

Účinnost systému vytápění je stanovena dle ČSN 73 0331-1 – Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet.

Vstupní údaje:

$t_{is} = 20$ °C	...průměrná vnitřní teplota
$t_e = -12$ °C	...venkovní výpočtová teplota
$d = 232$	...počet dnů otopného období pro $t_{em} = 13$ °C
$t_{es, 13$ °C = 4 °C	...průměrná venkovní teplota otopného období pro $t_{em} = 13$ °C
$Z = 263$	...počet dnů otopného období pro $t_{em} = 15$ °C
$t_{es, 15$ °C = 5,1 °C	...průměrná venkovní teplota otopného období pro $t_{em} = 15$ °C
$e_i = 0,8$	... nesoučasnost tepelných ztrát infiltrací během roku
$e_t = 0,8$	... snížení teploty v místnosti během dne a noci
$e_d = 0,8$	... zkrácení doby užívání pro pětidenní provoz
$h = 12$ h	...počet provozních hodin
$COP_n = 3,1$	...jmenovitý topný faktor tepelného čerpadla při jmenovitých podmínkách

B.9.1 Výpočet pro vytápění

Vstupní údaje:

$Q_{\text{VYT}} = 16,1 \text{ kW}$...potřeba tepla pro vytápění

$f_{\text{H,COP}} = 0,86$...součinitel ročního provozu TČ pro vytápění o teplotě vody 35°C

Roční provozní topný faktor pro vytápění:

$$\text{COP}_{\text{H,gen,VYT}} = f_{\text{H,COP}} \cdot \text{COP}_n = 1,02 \cdot 3,1 = 3,16$$

Měrná tepelná ztráta pro vytápění:

$$H_{\text{VYT}} = \frac{Q_{\text{VYT}}}{(t_{\text{is}} - t_{\text{e}})} = \frac{16100}{20 - (-12)} = 503 \text{ W/K}$$

Opravný součinitel:

$$\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 0,51$$

Počet denostupňů pro vytápění:

$$D_{\text{VYT}} = d \cdot (t_{\text{is}} - t_{\text{es},13^\circ\text{C}}) = 232 \cdot (20 - 4) = 3712$$

Roční potřeba tepla pro vytápění:

$$E_{\text{VYT}} = \varepsilon \cdot h \cdot D_{\text{VYT}} \cdot H_{\text{VYT}} = 0,51 \cdot 12 \cdot 3712 \cdot 503 = 11,43 \text{ MWh/r}$$

Roční spotřeba elektrické energie tepelného čerpadla pro vytápění:

$$E_{\text{VYT,SK}} = \frac{E_{\text{VYT}}}{\text{COP}_{\text{H,gen,VYT}} \cdot \eta_{\text{distr}}} = \frac{11,43}{3,16 \cdot 0,95} = 3,81 \text{ MWh/r}$$

B.9.2 Výpočet pro přípravu teplé vody

Vstupní údaje:

$V_p = 1,35 \text{ m}^3/\text{den}$...denní potřeba teplé vody

$t_{\text{TV}} = 45^\circ\text{C}$...výstupní teplota vody

$f_{\text{H,COP}} = 0,86$...součinitel ročního provozu TČ pro přípravu teplé vody o teplotě 45°C

Roční provozní topný faktor pro přípravu teplé vody:

$$\text{COP}_{\text{H,gen,TV}} = f_{\text{H,COP}} \cdot \text{COP}_n = 0,86 \cdot 3,1 = 2,65$$

Denní potřeba tepla pro přípravu teplé vody:

$$E_{\text{TV,d}} = 1,163 \cdot V_p \cdot \Delta t = 1,163 \cdot 1,35 \cdot (45 - 10) = 54,95 \text{ kWh/den}$$

Korekce na proměnlivou vstupní teplotu:

$$k_t = \frac{t_{\text{TV}} - t_{\text{SV,L}}}{t_{\text{TV}} - t_{\text{SV,L}}} = \frac{45 - 15}{45 - 10} = 0,86$$

Počet dnů pro přípravu teplé vody při pětidenním provozu:

$$D_{\text{TV}} = \frac{5}{7} \cdot d = \frac{5}{7} \cdot 232 = 166$$

Roční potřeba tepla pro přípravu teplé vody:

$$E_{\text{TV}} = E_{\text{TV,d}} \cdot D_{\text{TV}} + k_t \cdot E_{\text{TV,d}} \cdot (350 - D_{\text{TV}}) = 54,95 \cdot 166 + 0,86 \cdot 54,95 \cdot (350 - 166) = 17,82 \text{ MWh/r}$$

Roční spotřeba elektrické energie TČ pro přípravu teplé vody:

$$E_{\text{TV,SK}} = \frac{E_{\text{TV}}}{\text{COP}_{\text{H,gen,TV}} \cdot \eta_{\text{distr}}} = \frac{17,82}{2,65 \cdot 0,7} = 9,06 \text{ MWh/r}$$

B.9.3 Výpočet pro nucené větrání

Vstupní údaje:

$Q_{VZT} = 19,05 \text{ kW}$...výkon ohřívače vzduchotechniky
 $t_{ZZT} = 12,53 \text{ °C}$...teplota vzduchu za výměníkem ZZT
 $f_{H,COP} = 0,83$...součinitel ročního provozu TČ pro vytápění o teplotě vody 50 °C

Roční provozní topný faktor pro nucené větrání:

$$COP_{H,gen,VZT} = f_{H,COP} \cdot COP_n = 0,83 \cdot 3,1 = 2,57$$

Měrná tepelná ztráta nuceným větráním:

$$H_{VZT} = 0,34 \cdot V_p \cdot \frac{t_i - t_{zzt}}{t_i - t_e} = 0,34 \cdot 7500 \cdot \frac{20 - 12,53}{20 - (-12)} = 595 \text{ W/K}$$

Opravný součinitel:

$$\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 0,51$$

Počet denostupňů pro nucené větrání:

$$D_{VZT} = Z \cdot (t_{is} - t_{es,15 \text{ °C}}) = 263 \cdot (20 - 5,1) = 3919$$

Roční potřeba tepla pro nucené větrání:

$$E_{VZT} = \varepsilon \cdot h \cdot D \cdot H_{VZT} = 0,51 \cdot 12 \cdot 3919 \cdot 595 = 14,28 \text{ MWh/r}$$

Roční spotřeba elektrické energie TČ pro nucené větrání:

$$E_{VZT,SK} = \frac{E_{VZT}}{COP_{H,gen,VZT} \cdot \eta_{distr}} = \frac{14,28}{2,57 \cdot 0,95} = 5,85 \text{ MWh/r}$$

B.9.4 Výpočet spotřeby elektrické energie topné příruby

Vstupní údaje:

$h_{TP} = 366 \text{ h}$...počet hodin, kdy je teplota pod bodem bivalence, což je -7 °C a méně
 $Q_{TP} = 6 \text{ kW}$...průměrný výkon topné příruby

Roční spotřeba elektrické energie topné příruby:

$$E_{TP,SK} = Q_{TP} \cdot h_{TP} = 6000 \cdot 366 = 2,20 \text{ MWh/r}$$

B.9.5 Celková roční potřeba tepla a spotřeba elektrické energie

Celkový roční potřeba tepla:

$$E_{celkem} = E_{VYT} + E_{TV} + E_{VZT} = 11,43 + 17,82 + 14,28 = 43,53 \text{ MWh/r}$$

Celková roční spotřeba elektrické energie:

$$E_{celkem,SK} = E_{VYT,SK} + E_{TV,SK} + E_{VZT,SK} + E_{TP,SK} = 3,81 + 9,06 + 5,85 + 2,20 = 20,92 \text{ MWh/r}$$



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

C. PROJEKT

DESIGN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Karolína Železná

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARCELA POČINKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2019

TECHNICKÁ ZPRÁVA

C.1 Úvod

Technická zpráva popisuje systém vytápění novostavby mateřské školy.

C.1.1 Umístění a popis objektu

Jedná se o novostavbu mateřské školy na parcele číslo 612/2 v katastrálním území Kuřim v Jihomoravském kraji. Objekt se nachází přibližně ve výšce 284 m n. m. Venkovní výpočtová teplota této oblasti je -12 °C.

Jedná se o nepodsklepený, jednopodlažní objekt vyzděný z keramických tvárnic s pultovou střechou. Okna jsou plastová s izolačním trojsklem, dveře jsou dřevohliníkové.

C.1.2 Popis provozu v objektu

Objekt slouží pro výchovu a vzdělávání dětí. Provoz bude probíhat v čase 6–18 hodin pět dní v týdnu. V budově se bude nacházet celkem 94 osob, z toho 84 dětí.

Vnitřní dispozice objektu zahrnuje všechny potřebné místnosti pro provoz mateřské školy. Jedná se především o tři třídy, které dělí budovu na tři dílčí části, které jsou umístěny na jihozápadní straně. Provozní místnosti jsou orientovány převážně na severovýchodní straně. Technická místnost je určena pro umístění zdroje tepla a přípravu teplé vody. Ve strojovně vzduchotechniky se nachází vzduchotechnická jednotka se zpětným výměníkem tepla zajišťující nucené větrání v celém objektu.

C.2 Podklady

C.2.1 Výkresová dokumentace

Podkladem pro zpracování projektu je výkresová dokumentace stavby.

C.2.2 Použité normy a vyhlášky

- ČSN 06 0310 – Tepelné soustavy v budovách - Projektování a montáž
- ČSN 06 0320 – Tepelné soustavy v budovách - Příprava teplé vody
- ČSN 06 0830 – Tepelné soustavy v budovách - Zabezpečovací zařízení
- ČSN EN 1264-2 – Zabudované vodní velkoplošné otopné a chladicí soustavy – Část 2: Podlahové vytápění: Průkazné postupy pro stanovení tepelného výkonu výpočtovými a experimentálními metodami
- ČSN EN 12 828 - Tepelné soustavy v budovách – Navrhování teplovodních otopných soustav
- ČSN EN 12 831-1 - Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část1: Tepelný výkon pro vytápění
- ČSN EN 12831-3 – Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 3: Tepelný výkon pro soustavy přípravy teplé vody a charakteristika potřeb.
- ČSN 73 0331-1 –Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet
- ČSN 73 0540-2 – Tepelná ochrana budov - Požadavky
- ČSN 73 0540-3 – Tepelná ochrana budov - Návrhové hodnoty veličin
- Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci

- Vyhláška MMRČR č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov
- Vyhláška MMRČR č. 193/2007 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu energie a chladu
- Vyhláška MMRČR č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby
- Vyhláška MMRČR č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělání dětí a mladistvých
- Vyhláška MMRČR č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb

C.2.3 Podklady firem

- Družstevní závod Dražice – strojírna s.r.o.
- ESBE zastoupena REMAK a.s.
- ETL-Ekootherm a.s.
- Grundfos s.r.o.
- IMI Hydronic Engineering
- IVAR CS spol. s r. o.
- KOBOLD
- KORADO, a.s.
- MEIBES s.r.o.
- Paroc Group
- PZP HEATING, a.s.
- Regulus spol. s r.o.
- REHAU, s.r.o.

C.3 Tepelné ztráty a potřeba tepla

C.3.1 Klimatické poměry

Lokalita:	Kuřim
Nadmořská výška:	284 m n. m.
Výpočtová venkovní teplota:	-12 °C

C.3.2 Vnitřní návrhové teploty

Venkovní WC a umývárny:	5 °C
Zádveří, provozní místnosti, sklady:	15 °C
Chodba, šatny:	20 °C
Zázemí zaměstnanců a veřejnosti:	20 °C
Výdejny jídel:	20 °C
Jídelny + herny, ložnice:	22 °C
WC, umývárny:	24 °C

C.3.3 Tepelné ztráty konstrukcí

Výpočtové tepelné technické parametry stavebních konstrukcí vyhovují doporučeným hodnotám pro pasivní budovy uvedeným v normě ČSN 73 0540-2 – Tepelná ochrana budov - Požadavky.

Výpočtová tepelná ztráta prostupem je 11,05 kW, větráním a infiltrací 5,05 kW. Celková tepelná ztráta objektu tedy je 19,10 kW.

C.3.4 Potřeba tepla a spotřeba elektrické energie

Roční potřeba tepla pro vytápění je 11,43 MWh/r, pro přípravu teplé vody je 17,82 MWh/r a pro nucené větrání 14,28 MWh/r. Celková roční potřeba tepla pro celý objekt je 43,53 MWh/r.

Roční spotřeba elektrické energie tepelnými čerpadly pro vytápění je 3,81 MWh/r, pro přípravu teplé vody 9,06 MWh/r a pro nucené větrání 5,85 MWh/r. Roční spotřeba elektrické energie topnou přírubou je 2,20 MWh/r. Celková roční spotřeba elektrické energie celého objektu je 20,92 MWh/r.

C.4 Zdroj tepla

C.4.1 Zdroj tepla pro vytápění a ohřev teplé vody

Zdrojem tepla pro vytápění a ohřev teplé vody jsou dvě tepelná čerpadla voda-vzduch HP3AW-36SB typu split od firmy PZP HEATING. Při výpočtové venkovní teplotě -12 °C je tepelný výkon jednoho tepelného čerpadla 23,3 kW při výstupní teplotě vody 50 °C. Celkový výkon obou tepelných čerpadel je 46,6 kW. Provoz je paralelně-bivalentní s bodem bivalence -7 °C, při této teplotě je výkon tepelných čerpadel 53,0 kW. Vnitřní jednotky jsou umístěny v technické místnosti. Celkem čtyři venkovní jednotky se nacházejí na pozemku ve vzdálenosti 3 m severovýchodně od objektu, pod nimi je zhotovena drenážní vrstva pro odvod kondenzátu. Propojení vnitřních a venkovních jednotek je předizolovaným potrubím Flexalen umístěným v nezámrzné hloubce.

Bivalentním zdrojem je topná příruba TPK 210 – 12 / 8-12kW o výkonu 12 kW nainstalovaná ve spodní části akumulární nádrže NAD 1000v1 o objemu 999 l od firmy Družstevní závod Dražice.

Příprava teplé vody probíhá ve stacionárním zásobníku OKC 750 NTR/HP o objemu 710 l od firmy Družstevní závod Dražice.

C.4.2 Zabezpečovací zařízení

Systém je proti překročení nejvyššího dovoleného přetlaku či podtlaku zabezpečen závěsnou expanzní nádobou AQUAFILL HS040 o objemu 40 l od firmy Regulus. Expanzní nádoba je napojena potrubím DN 20 na vratné potrubí zdroje tepla.

Každé tepelné čerpadlo je na přívodním potrubí opatřeno pojistným potrubím DN 25 s pojistným ventilem DUCO DN 25 s průřezem sedla 22 mm a otevíracím přetlakem 3,5 bar od firmy MEIBES.

Na akumulární nádrži se nachází pojistné potrubí DN 20 s pojistným ventilem DUCO DN 20 s průřezem sedla 15 mm a otevíracím přetlakem 3,5 bar od firmy MEIBER.

C.5 Tepelná soustava

C.5.1 Popis otopné soustavy

Objekt je vytápěn kombinací otopných těles a podlahového vytápění s nuceným oběhem vody o teplotním spádu 38/30 °C.

Z hlavního kombinovaného rozdělovače a sběrače RS UNI 3 od firmy ETL-Ekotharm umístěného v technické místnosti ke třem sestavám rozdělovač / sběrač typu IVAR.CS 553 VP, 8cestným od firmy IVAR v jednotlivých částech budovy vede měděné potrubí vedeného pod stropem, opatřené pouzdřovou tepelnou izolací z kamenné vlny.

Od každé ze sestav rozdělovač / sběrač vede jeden okruh pro otopná tělesa vyhotoven z plastového potrubí PE-Xa typu RAUTITAN flex 20x2,8 mm, které je uloženo v tepelné izolaci nad základovou deskou a je opatřeno tepelnou izolací. Je využit dvoutrubkový protiproudý systém zapojení s připojením otopných těles ze stěny. Otopná tělesa jsou desková typu RADIK PLAN 21 VKM nebo trubková typu KORALUX LINEAR MAX – M od firmy KORADO se středovým spodním připojením.

Od každé sestavy rozdělovač / sběrač vede také sedm okruhů podlahového vytápění z plastového potrubí PE-Xa typu RAUTHERM S 17x2,0 mm uloženého v betonové mazanině pomocí systému RAUFIX. Plastová potrubí a systémové komponenty jsou od firmy REHAU.

C.5.2 Čerpací technika

Nucený oběh vody je zajištěn oběhovými čerpadly se zapuštěným rotorem od firmy Grundfos umístěných v technické místnosti.

- Č1 – tepelné čerpadlo až akumulční nádoba: 2 ks MAGNA1 32-60
- Č2 – větev k ohřívači vzduchotechnické jednotky: ALPHA1 L 15-40 130
- Č3 – větev k zásobníku: ALPHA1 L 15-40 130
- Č4 – větev pro vytápění: ALPHA1 15-60 130

C.5.3 Plnění a vypouštění otopné soustavy

První plnění otopné soustavy bude provedeno upravenou vodou. Doplnění vody do systému bude ručně přes vypouštěcí kohout v technické místnosti. Vypouštění soustavy bude prováděno vypouštěcími kohouty a kulovými kohouty s vypouštěním v nejnižších místech soustavy.

C.5.4 Regulace a měření otopné soustavy

Výstupní teplota vody z tepelných čerpadel bude řízena v závislosti na venkovní teplotě. Ekvitermní regulátor je součástí zdroje tepla. Třícestný směšovací ventil na větví pro vytápění bude také řízen v závislosti na venkovní teplotě. Třícestný směšovací ventil na větví pro vzduchotechniku bude součástí dodávky ohřívače. Zapojení a řešení regulace není součástí tohoto projektu.

Regulace otopných těles se provádí na deskových tělesech termostatickým ventilem, v případě trubkových těles na ventilové vložce setu. Regulace jednotlivých okruhů mezi sebou se řeší na soupřávkách rozdělovač / sběrač. Hydraulické seřízení těchto soupřávek zajišťují vyvažovací ventily.

C.5.5 Tepelná izolace

Veškeré rozvody, kromě podlahového vytápění, jsou opatřeny pouzdrem z kaširované kamenné vlny typu PAROC Hvac Section AluCoat T od firmy Paroc. Tloušťka tepelné izolace potrubí bude 40 mm pro většinu potrubí. Pouze pro měděné potrubí o rozměrech 42x1,5 mm postačí tloušťka 30 mm a pro plastové přípojovací potrubí k otopným tělesům tloušťka 10 mm. Veškeré armatury budou izolovány dle jejich nominálních DN tak, aby nebránily funkci.

Tepelná izolace akumulční nádoby a zásobníku teplé vody je součástí výrobků.

C.5.6 Příprava teplé vody

Teplá voda je ohřívána ve stacionárním zásobníku OKC 750 NTR/HP o objemu 710 l a výkonu 26 kW od firmy Družstevní závod Dražice. Teplotní spád otopné vody je uvažován 50/35 °C. Potřebný dohřev vody na požadovanou teplotu 45 °C zajistí elektrický ohřívač vody OKCE 80 o objemu 80 l od firmy Družstevní závod Dražice, který je umístěn na potrubí teplé vody.

C.5.7 Vzduchotechnika

Celý objekt je větrán nuceně s teplotou přívodního vzduchu 20 °C. Vzduchotechnická jednotka se nachází ve strojovně vzduchotechniky. Obsahuje teplovodní ohřívač, filtry, ventilátor a výměník pro zpětné získávání tepla o účinnosti 73 %. Teplotní spád otopné vody je pro teplovodní výměník uvažován 50/35 °C.

C.6 Požadavky na ostatní profese

C.6.1 Stavební práce

Během stavebních prací musí být zajištěno provedení opatření pro zhotovení systému vytápění dle technických požadavků výrobců.

Plastové potrubí k otopným tělesům je vedeno v horní části tepelné izolace nad železobetonovou základovou deskou, opatřené poloviční tloušťkou požadované tepelné izolace. Nad ním jsou systémem RAUFIX uloženy rozvody podlahového vytápění, které musí být před zalitím betonovou mazaninou tloušťky 60 mm opatřeny v místech prostupu konstrukcí nebo dilatační spárou chráničkou. Horizontální rozvody měděného potrubí jsou pod stropem, opatřeny tepelnou izolací, zavěšeny v upevňovacích prvcích, a musí být provedeny před kompletací stropních podhledů. Vertikální rozvody jsou vedeny v drážce ve svislých konstrukcích.

Venkovní jednotky tepelných čerpadel jsou umístěny ve vzdálenosti 3 m od objektu na betonových základech o půdorysných rozměrech 120x1000 mm do hloubky 700 mm vzdálených 1844 mm od sebe. Terén mezi základy je snížen o 300 mm a opatřen drenážní vrstvou tloušťky 100 mm pro odvod kondenzátu. V základech je proveden stavební prostup o rozměru 200x200 mm pro každé tepelné čerpadlo, který slouží pro propojení s vnitřní jednotkou v nezámrzné hloubce vedeným předizolovaným chladivovým potrubím Flexalen a elektrickým propojovacím vedením.

C.6.2 Zdravotechnika

Přívod studené vody je zajištěn do technické místnosti pro doplňování otopné vody do soustavy a pro napojení zásobníku teplé vody.

V technické místnosti se nachází podlahová vpust' a potrubí pro úkap pojistných ventilů ústící do kanalizace.

C.6.3 Elektroinstalace

Musí být zajištěno připojení všech potřebných zařízení na elektrickou síť dle požadavků jednotlivých zařízení. V technické místnosti je kromě zásuvek s napětím 230 V nutno zřídit samostatně jištěný rozvod ukončený 6 zásuvkami s napětím 400 V určený pro tepelná čerpadla.

C.7 Montáž, uvedení do provozu a provoz

C.7.1 Zdroj tepla

Instalaci a uvedení zdroje tepla do provozu musí provádět osoba s kvalifikací a oprávněním k činnosti odpovídající rozsahu práce. Před uvedením do provozu je nutné provést revizi elektroinstalace. Postup uvedení zdroje tepla do provozu je uveden v dokumentaci zařízení od výrobce.

C.7.2 Otopná soustava

Montáž a uvedení otopné soustavy do provozu se řídí dle normy ČSN 06 0310. Montážní práce musí provádět kvalifikovaná osoba s osvědčením pro provádění použitých systémů. Před uvedením do provozu musí být provedeny všechny zkoušky instalovaných zařízení a musí být nastaveny veškeré seřizovací armatury dle projektu.

C.7.3 Zkoušky zařízení

Před uvedením otopné teplovodní soustavy do provozu se musí provést zkouška těsnosti a topná zkouška dle normy ČSN 06 0310.

Zkouška těsnosti se provede před zazděním drážek, zakrytím kanálů a provedením nátěrů a izolací. Soustava se zkouší naplněná vodou na nejvyšší dovolený přetlak určený v projektu. Zkouška se považuje za úspěšnou, pokud se při prohlídce neobjeví netěsnosti nebo snížení přtlaku.

Topná zkouška se provádí v průběhu otopného období teprve po provedení tlakové zkoušky. Součástí zkoušky je zregulování celého systému.

V případě podlahového vytápění uloženého v cementového potěru bude možno začít s ohřevem nejdříve 21 dní po jeho dokončení. Všechny vytápěné plochy musí být před položením nášlapné vrstvy prohrátý. První zátop bude probíhat s počáteční teplotou na přívodu 25 °C. Maximální hodnoty teploty na přívodu může být dosaženo nejdříve po třech dnech. Maximální projektovanou teplotu přívodu bude třeba udržovat bez nočního poklesu minimálně 4 dny.

Tlaková zkouška podlahové vytápění se provede dle ČSN EN 12364-4 před zalitím otopného hadu betonovou mazaninou. Topné okruhy se naplní vodou na dvojnásobek provozního přtlaku, nejvýše však 600 kPa. Tlak v potrubí se udržuje na této hodnotě i během provádění roznášecí vrstvy.

Dilatační zkouška je nepovinná a její provedení je závislé na dohodě investora a zhotovitele. Provede se před zazděním drážek, zakrytím kanálů a provedením tepelných izolací. Teplonosná látka se ohřeje na nejvyšší pracovní teplotu a pak se nechá vychladnout na teplotu okolního vzduchu, tento postup se ještě jednou zopakuje.

C.7.4 Způsob obsluhy a ovládání

Provozovatel je povinen zajistit obsluhující osobu, která je prokazatelně seznámena s bezpečnostními a provozními podmínkami zařízení, zacvičena k obsluze a má k dispozici návody a pokyny k obsluze zařízení. Bude prováděna občasná obsluha spočívající v kontrole funkce zařízení a v korekci nastavených uživatelských parametrů.

C.8 Ochrana zdraví a životního prostředí

C.8.1 Vliv na životní prostředí

Instalací a provozem otopné soustavy nedojde k ovlivnění a zhoršení vlivů na životní prostředí.

C.8.2 Hospodaření s odpady

Při provádění, instalaci a provozu je nutno splnit požadavky na hospodaření s odpady dle zákona č.185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů.

C.9 Bezpečnost a požární ochrana

C.9.1 Bezpečnost při realizaci díla

Bezpečnost při realizaci díla zajišťuje zhotovitel ve smyslu zákona č. 262/2006 Sb., zákoník práce a zákon č. 309/2006 Sb., kterým se upravují požadavky bezpečnost a ochranu zdraví při práci. Veškeré práce mohou provádět pouze osoby s odpovídající kvalifikací.

C.9.2 Bezpečnost při provozu a užívání zařízení

Při provozu zařízení smí obsluhu provádět pouze proškolená osoba. Při obsluze zařízení je nutno dodržovat postupy uvedené v návodech k obsluze zařízení a v pokynech pro obsluhu zařízení, které je povinen dodat zhotovitel těchto zařízení.

C.9.3 Požární ochrana

Při instalaci a provozu zařízení nejsou kladeny zvláštní požadavky na požární ochranu stanovené v normě ČSN 73 0810.

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce byl návrh vytápění mateřské školy. Řešený objekt byl koncipován jako budova s téměř nulovou spotřebou energie.

Teoretická část představila problematiku podlahového vytápění, historický kontext, výhody a nevýhody dnešních systémů, základní normové požadavky návrhu, konstrukční zásady a způsoby provedení, postup tepelně technického a hydraulického výpočtu teplovodního podlahového vytápění.

Výpočtová část popsala postup návrhu vytápění mateřské školy. Pro pokrytí tepelných ztrát jednotlivých místností byl navržen nízkoteplotní systém teplovodního vytápění kombinující otopná tělesa a podlahové vytápění. Byly navrženy materiály a dimenze potrubí včetně tepelné izolace, otopná tělesa, armatury, rozdělovače a sběrače. Celá soustava byla zregulována. Jako zdroj tepla byla určena dvě tepelná čerpadla vzduch-voda, jako bivalentní zdroj topná příruba umístěná v akumulární nádrži o objemu 999 l. Pro ohřev teplé vody byl navržen zásobník o objemu 710 l, pro případný dohřev teplé vody elektrický ohřívač vody. Byla zajištěna dodávka otopné vody pro teplovodní výměník vzduchotechnické jednotky. Dále byla navržena expanzní nádoba o objemu 40 l, pojistné ventily, oběhová čerpadla, směšovací ventil, regulátor průtoku, vyvažovací ventily a další zařízení potřebná k provozu soustavy. Byl zpracován energetický štítek obálky budovy a stanovena roční potřeba tepla a spotřeba elektrické energie.

Projektová část obsahuje technickou zprávu shrnující celkový návrh vytápění objektu a výkresovou dokumentaci. Byl zpracován půdorys 1. NP, půdorys technické místnosti, schéma zapojení zdroje tepla a schéma zapojení otopných těles.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. BAŠTA, Jiří.: *Velkoplošné sálavé vytápění*. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-3524-5
2. BAŠTA, Jiří.: *Otopné plochy*. Praha: Editiční středisko ČVUT, 2001. ISBN 80-01-02365-6.
3. TZB-info: *Podlahové vytápění* [online]. 2010 [cit. 30.3.2019] Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani>
4. Podlahové topení, kulové kohouty a mnoho dalšího od značky GIACOMINI: *Historie podlahového topení* [online], GIACOMINI CZECH s.r.o, 2014 [cit. 30.03.2019]. Dostupné z: <https://www.giacomini.cz/historie-podlahoveho-topeni>
5. TZB-info: *Podlahové vytápění (I)* [online]. 2010 [cit. 30.3.2019] Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani/3428-podlahove-vytapani-i>
6. Korean Art – South Korea Antiques, Arts and Crafts: *Traditional Korean Heating System*. [online]. 2014 [cit. 30.3.2019] Dostupné z: http://www.antiquealive.com/Blogs/Ondol_Korean_Home_Heating_System.html
7. POČINKOVÁ, Marcela.: *Podlahové a stěnové vytápění, stropní chlazení*. 2. vyd. Brno: Computer Press, 2009, ISBN 978-80-251-2746-9.
8. NOVÁK, Petr: *Mazaniny a spáry* [online]. PN66, 2006 [cit. 30.03.2019]. Dostupné z: <http://www.pn66.cz/index1.php?show=paska>
9. TZB-info: *Podlahové vytápění (II)* [online]. 2010 [cit. 30.3.2019] Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani/3442-podlahove-vytapani-ii>
10. POČINKOVÁ, Marcela a TREUOVÁ, Lea: *Vytápění*. 4. aktual. vyd. Brno: ERA, 2008, 50-51 s. ISBN 978-80-7366-116-8
11. Korado, a.s. – Ke stažení: *RADIK – Desková otopná tělesa* [online]. 2018 [cit. 24.04.2019]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/common/downloads/radik-deskova-otopna-telesa-1527232839.pdf>
12. Korado, a.s. – Ke stažení: *KORALUX – Trubková otopná tělesa* [online]. 2018 [cit. 24.04.2019]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/common/downloads/koralux-trubkova-otopna-telesa-1549972273.pdf>
13. Tepelná čerpadla PZP – Tepelná čerpadla: *Tepelná čerpadla vzduch-voda SPLIT* [online]. Tepelná čerpadla PZP, 2019 [cit. 26.04.2019]. Dostupné z: [https://www.tepelna-cerpadla-pzp.cz/userfiles/download/\[75\]_PP-HPAW_26_CS_lq.pdf](https://www.tepelna-cerpadla-pzp.cz/userfiles/download/[75]_PP-HPAW_26_CS_lq.pdf)
14. Družstevní závod Dražice: Ohříváče a zásobníky teplé vody, bojler – Příslušenství: *Elektrická topná jednotka TPK* [online]. DZD, 2019 [cit. 26.04.2019]. Dostupné z: <https://www.dzd.cz/prislusenstvi/topna-jednotka-tpk#ke-stazeni>
15. Družstevní závod Dražice: Ohříváče a zásobníky teplé vody, bojler – Akumulační nádrže: *Bez přípravy TUV* [online]. DZD, 2019 [cit. 26.04.2019]. Dostupné z: <https://www.dzd.cz/akumulacni-nadrze/bez-pripravy-tuv>
16. Družstevní závod Dražice: Ohříváče a zásobníky teplé vody, bojler – Ohříváče a zásobníky teplé vody – Nepřímotopné zásobníky – Stacionární: *OKC NTR/HP* [online]. DZD, 2019 [cit. 26.04.2019]. Dostupné z: <https://www.dzd.cz/ohrivace-a-zasobniky-teple-vody/nepriomotopne-zasobniky/stacionarni/okc-ntr-hp#ke-stazeni>
17. REHAU – Trubky a technika spojování: *RAUTHERM S* [online]. REHAU, 2018 [cit. 15.04.2019]. Dostupné z: <https://www.rehau.com/cz-cs/stavebnictvi-podnikatele/vytapani-a-chlazení/plosne-vytapani-chlazení/trubky-a--technika-spojovani>
18. České vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební: *Kompenzace délkových změn potrubí* [online]. [cit. 05.04.2019]. Dostupné z: http://fce.vutbr.cz/TZB/treuova.l/ST51/5_kompenzatory_teorie.pdf
19. ETL – Katalog výrobků: *Kombinovaný rozdělovač* [online]. ETL-Ekotherm a.s., 2016 [cit. 19.04.2019]. Dostupné z: https://www.etl.cz/prilohy/ETL_407_2012%2001.pdf

20. IVAR CS – Katalog: *Sestava rozdělovač/sběrač – bez skříně* [online]. IVAR CS, 2019 [cit. 19.04.2019]. Dostupné z: <https://www.ivarcs.cz/storage/File/32001-34000/32912-file-CSTL-IVAR.CS-553-DVP.pdf>
21. IMI-Hydronic Engineering – Termostatická regulace: *Termostatické hlavice a ventily* [online]. IMI, 2018 [cit. 21.04.2019]. Dostupné z: <https://www.imi-hydronic.com/sites/EN/cs-cz/Technick%C3%A1-dokumentace/Pages/termostatick%C3%A1-regulace.aspx>
22. IMI-Hydronic Engineering – Vyvažování, Regulace a Pohody: *Vyvažovací ventily* [online]. IMI, 2018 [cit. 21.04.2019]. Dostupné z: <https://www.imi-hydronic.com/sites/EN/cs-cz/Technick%C3%A1-dokumentace/Pages/vyva%C5%BEov%C3%A1n%C3%AD-regulace-a-pohony.aspx>
23. ESBE – Produkty: *Katalog* [online]. ESBE, 2019 [cit. 21.04.2019]. Dostupné z: <https://www.esbe.cz/assets/Uploads/ESBE-katalog-2018.pdf>
24. Kobold – Měření průtoků: *Regulátor průtoků REG-8* [online]. Kobold, 2019 [cit. 26.04.2019]. Dostupné z: <https://www.kobold.com/uploads/files/reg-cs-prislusenstvi.pdf>
25. TZB-info: *Tepelná ztráta potrubí s izolací kruhového průřezu* [online]. 2010 [cit. 30.4.2019]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/44-tepelna-ztrata-potrubu-s-izolaci-kruhoveho-prurezu>
26. Grundfos Product Center: *Dimenzování* [online]. Grundfos, 2019 [cit. 26.04.2019]. Dostupné z: <https://product-selection.grundfos.com/front-page.html?sizeType=adv&qcid=541577625>
27. Regulus: *Expanzní nádoba HS040* [online]. Regulus s r.o., 2015 [cit. 20.03.2019]. Dostupné z: <https://www.regulus.cz/cz/expanzni-nadoba-hs040>
28. ESL – Voda, topení: *Pojistný ventil DUCO* [online]. ESL, 2019 [cit. 20.03.2019]. <https://www.esl.cz/pojistny-ventil-duco-3-4>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Značka	Jednotka	Definice
a	[-]	Součinitel zvětšení sedla
A_k	[m ²]	Plocha konstrukce
A_o	[mm ²]	Průřez sedla
A_z	[m ²]	Teplosměnná plocha zásobníku
b_u	[-]	Součinitel redukce teploty
C	[-]	Materiálová konstanta
COP	[-]	Topný faktor
d	[m]	Tloušťka vrstvy konstrukce / průměr potrubí
D	[-]	Počet denostupňů
d_i	[mm]	Průměr ideálního sedla
d_o	[mm]	Průměr skutečného sedla
d_p	[mm]	Profil pojistného potrubí
e	[-]	Korekční činitel zahrnující exponování, klimatické podmínky, rychlost větru
e_i	[-]	Stínící součinitel
E	[MWh/r]	Roční potřeba tepla
E_d	[kWh/den]	Denní potřeba tepla
E_{SK}	[MWh/r]	Roční spotřeba energie
f_{g1}	[-]	Opravný součinitel uvažující vliv roční změny průběhu venkovní teploty
f_{g2}	[-]	Opravný teplotní součinitel
$f_{ij}/f_{v,i}$	[-]	Součinitel teplotní redukce zahrnující rozdíl teploty přilehlého prostoru
G_w	[-]	Opravný součinitel na vliv spodní vody
h	[m]	Výška místnosti
h_o	[m]	Výška otopné soustavy
$H_{T,i}$	[W/K]	Měrná tepelná ztráta prostupem
$H_{T,ie}$	[W/K]	Měrná tepelná ztráta do venkovního prostředí
$H_{T,ig}$	[W/K]	Měrná tepelná ztráta do zeminy
$H_{T,ij}$	[W/K]	Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou

$H_{T,iue}$	[W/K]	Měrná tepelná ztráta do nevytápěného prostoru
$H_{V,i}$	[W/K]	Měrná tepelná ztráta větráním
k_v	[m ³ /h]	Průtokový součinitel
l	[m]	Délka potrubí
L	[m]	Osová vzdálenost potrubí (rozteč)
l_0	[m]	Délka potrubí při montáži
l_i	[m]	Délka lineárního tepelného mostu
L_p	[m]	Volná délka potrubí
M	[kg/h]	Hmotnostní průtok
m	[m ⁻¹]	Součinitel charakteristiky desky
n_{50}	[h ⁻¹]	Intenzita výměny vzduchu jako výsledek rozdílu tlaku mezi vnitřním a venkovním prostředím 50 Pa
n_{min}	[h ⁻¹]	Minimální intenzita výměny vzduchu
n_o	[-]	Počet uživatelů
p_d	[Pa]	Provozní přetlak
q_A	[W/m ²]	Měrný tepelný výkon na vytápěnou stranu desky
q_B	[W/m ²]	Měrný tepelný výkon na nevytápěnou stranu desky
Q_{AN}	[W]	Výkon akumulční nádrže
Q_c	[W]	Celková dodávka tepla do zásobníku
Q_n	[W]	Jmenovitý výkon zásobníku
Q_P	[W]	Tepelný výkon směrem do vytápěné místnosti
Q_{PRIP}	[W]	Požadovaný připojovací výkon zdroje
Q_t	[W]	Tepelný výkon otopného tělesa
Q_t	[W]	Teplo odebrané
Q_{TV}	[W]	Požadovaný výkon pro přípravu teplé vody
Q_{VYT}	[W]	Požadovaný výkon pro vytápění
Q_{VZT}	[W]	Požadovaný výkon pro vzduchotechniku
Q_z	[W]	Teplo ztracené
R	[Pa/m]	Tlaková ztráta třením
R	[m ² .K/W]	Tepelný odpor stavební konstrukce

R_{se}	[m ² .K/W]	Odpor při přestupu tepla na vnější straně
R_{si}	[m ² .K/W]	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně
S_p	[m ²]	Plocha podlahy
t_e	[°C]	Teplota exteriéru
t_i	[°C]	Teplota interiéru
t_m	[°C]	Průměrná teplota vložených zdrojů tepla (potrubí)
t_o	[°C]	Teplota odváděného vzduchu
t_{pA}	[°C]	Průměrná povrchová teplota na vytápěnou stranu desky
t_{pB}	[°C]	Průměrná povrchová teplota na nevytápěnou stranu desky
t_s	[°C]	Střední teplota v rovině proložené osami zdrojů tepla
t_z	[°C]	Teplota zeminy
t_{ZZT}	[°C]	Teplota za výměníkem zpětného získávání tepla
U	[W/(m ² .K)]	Součinitel prostupu tepla
U_{em}	[W/(m ² .K)]	Průměrný součinitel prostupu tepla
$U_{equiv, k}$	[W/(m ² .K)]	Ekvivalentní součinitel prostupu tepla konstrukce v kontaktu se zeminou
U_k	[W/(m ² .K)]	Součinitel prostupu tepla konstrukce
U_{kc}	[W/(m ² .K)]	Celkový součinitel prostupu tepla konstrukce zahrnující tepelné mosty
U_o	[W/(m.K)]	Součinitel prostupu tepla izolovaného potrubí
$U_{pas,20}$	[W/(m ² .K)]	Doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro pasivní budovy
V_{AN}	[l]	Objem akumulční nádrže
V_i	[m ³ /h]	Objemový tok vzduchu
V_m	[m ³]	Objem místnosti
V_n	[W]	Denní potřeba teplé vody pro mytí nádobí
V_o	[W]	Denní potřeba teplé vody pro mytí osob
V_p	[W]	Celková denní potřeba teplé vody
V_{su}	[m ³ /h]	Přívodní objemový tok vzduchu
V_u	[W]	Denní potřeba teplé vody pro úklid
V_z	[m ³]	Objem zásobníku
w	[m/s]	Rychlost proudění vody

Z	[Pa]	Tlaková ztráta vřazenými odpory
z	[-]	Ztráty
Δl	[m]	Délková změna potrubí
Δp	[Pa]	Tlaková ztráta
Δp_{dif}	[Pa]	Diferenční tlak
Δp_{dis}	[Pa]	Dispoziční tlak
ΔU_{tb}	[W/(m ² .K)]	Korekční součinitel prostupu tepla pro vliv tepelných mostů
ΔQ_{max}	[W]	Maximální rozdíl tepla mezi křivkou dodávky a odběru
α	[mm/(m.K)]	Teplotní součinitel délkové roztažnosti
ε_i	[-]	Korekční součinitel na výšku od úrovně terénu
θ_e	[°C]	Teplota exteriéru
$\theta_{int,i}$	[°C]	Teplota interiéru
θ_j	[°C]	Teplota přilehlého prostoru
$\theta_{m,e}$	[°C]	Teplota zeminy
θ_{su}	[°C]	Teplota přiváděného vzduchu
θ_u	[°C]	Teplota v nevytápěném prostoru
λ	[W/(m. K)]	Součinitel tepelné vodivosti
λ	[-]	Součinitel tření
ξ	[-]	Součinitel vřazených odporů
ρ	[kg/m ³]	Hustota vody
φ	[-]	Účinnost
ψ_i	[-]	Lineární činitel prostupu tepla tepelného mostu
Φ_{celkem}	[W]	Celková tepelná ztráta
$\Phi_{T,i}$	[W]	Tepelná ztráta prostupem
$\Phi_{v,i}$	[W]	Tepelná ztráta větráním
$\Phi_{RH,i}$	[W]	Přídavný výkon pro prostory s přerušovaným vytápěním

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázky

Obrázek 1: Sálavé tepelné toky a povrchové teploty pro různé otopné plochy [1].....	17
Obrázek 2: Podíl tepelného toku sálání pro různé druhy vytápění [3]	17
Obrázek 3: Starořímské hypocaustum [5]	18
Obrázek 4: Korejský ondol [6].....	18
Obrázek 5: Řez konstrukcí podlahové plochy – mokrá způsob provedení [1].....	21
Obrázek 6: Uspořádání topných okruhů v dilatačních celcích [8]	22
Obrázek 7: Suchý způsob provedení otopné plochy [1].....	23
Obrázek 8: Mokrá způsob provedení otopné plochy	23
Obrázek 9: Řez modulovou klima podlahou [1]	24
Obrázek 10: Meandrový způsob pokládky [9]	25
Obrázek 11: Plošná spirála [9]	25
Obrázek 12: Bifilární způsob pokládky – plošná spirála [9]	25
Obrázek 13: Meandrový bifilární způsob pokládky [9]	25
Obrázek 14: Kladení ve tvaru spirály – s okrajovou zónou [9].....	26
Obrázek 15: Meandrový způsob pokládky – bez okrajové zóny [9].....	26
Obrázek 16: Meandrový způsob pokládky – s okrajovou zónou [9].....	26
Obrázek 17: RADIK PLAN 21 VKM [11]	45
Obrázek 18: KORALUX LINEAR MAX – M [12].....	46
Obrázek 19: Tepelné čerpadlo HP3AW-36SB [13]	48
Obrázek 20: Návrh potřebného výkonu bivalentního zdroje, bod bivalence	48
Obrázek 21: Specifikace tepelných čerpadel firmy PZP Heating [13].....	49
Obrázek 22: Topná příruba TPK 210 – 12 [14]	50
Obrázek 23: Specifikace topné příruby TPK 210 – 12 [14].....	50
Obrázek 24: Specifikace akumulční nádrže NAD 1000v1[15]	51
Obrázek 25: Křivka dodávky a odběru tepla.....	53
Obrázek 26: Zásobník OKC 750 NTR/HP [16]	54
Obrázek 27: Specifikace zásobníku OKC 750 NTR/HP[16]	54
Obrázek 28: Univerzální trubka RAUTITAN flex [17].....	55
Obrázek 29: Topná trubka RAUTHERM S [17].....	55
Obrázek 30: Systému RAUFIX [17]	55
Obrázek 31: Řešení pružného ramene L kompenzátoru [18].....	56
Obrázek 32: RS UNI 2 [19].....	56
Obrázek 33: Specifikace kombinovaného rozdělovače a sběrače RS UNI 3 [19]	57
Obrázek 34: Specifikace soupravy rozdělovač / sběrač IVAR.CS 553 VP, 8cestný [20].....	57
Obrázek 35: Hydraulické charakteristiky pro jeden výstup rozdělovače firmy IVAR [20].....	58
Obrázek 36: Hydraulické charakteristiky pro jeden výstup sběrače firmy IVAR [20]	59
Obrázek 37: Multilux 4 – Set [21]	60
Obrázek 38: Graf pro nastavení termostatických ventilů na tělesech RADIK PLAN 21 VKM [11] ...	62
Obrázek 39: Graf pro nastavení Multilux 4 – setu na tělesech KORALUX [21]	62
Obrázek 40: Vyvažovací ventil STAD-B – plně otevřen (VV1) [22].....	63
Obrázek 41: Graf tlakových ztrát rotačních ventilů pro dimenzování [23].....	64

Obrázek 42: Specifikace směšovacího třicestného ventilu VRG131 [23].....	65
Obrázek 43: Specifikace regulátoru průtoku REG-0102 [24]	65
Obrázek 44: Regulátor průtoku REG-0102 0102 [24]	66
Obrázek 45: Návrh tloušťky tepelné izolace pro plastové potrubí o rozměrech 20x2,8 mm [25].....	67
Obrázek 46: Návrh tloušťky tepelné izolace pro měděné potrubí o rozměrech 28x1,5 mm [25]	68
Obrázek 47: Návrh tloušťky tepelné izolace pro měděné potrubí o rozměrech 35x1,5 mm [25]	69
Obrázek 48: Návrh tloušťky tepelné izolace pro měděné potrubí o rozměrech 42x1,5 mm [25]	70
Obrázek 49: Návrh tloušťky tepelné izolace pro měděné potrubí o rozměrech 54x2,0 mm [25]	71
Obrázek 50: Návrh tloušťky tepelné izolace pro měděné potrubí o rozměrech 57x2,0 mm [25]	72
Obrázek 51: Návrh tloušťky tepelné izolace pro měděné potrubí o rozměrech 76x2,0 mm [25]	73
Obrázek 52: MAGNA1 [26].....	74
Obrázek 53: ALPHA1 L [26]	74
Obrázek 54: Oběhové čerpadlo Č1 – MAGNA1 32-60 [26].....	75
Obrázek 55: Oběhové čerpadlo Č2 – ALPHA1 L 15-40 130 [26]	76
Obrázek 56: Oběhové čerpadlo Č3 – ALPHA1 L 15-40 130 [26]	77
Obrázek 57: Oběhové čerpadlo Č4 – ALPHA1 15-60 130 [26]	78
Obrázek 58: Specifikace expanzní nádoby AQUAFILL HS040 [27]	79
Obrázek 59: Specifikace pojistných ventilů DUCO firmy MEIBER [28]	81

Tabulky

Tabulka 1: Výpočet tepelných ztrát jednotlivých místností	38
Tabulka 2: Návrh podlahového vytápění pro teplotu interiéru 20 °C	43
Tabulka 3: Návrh podlahového vytápění pro teplotu interiéru 22 °C	43
Tabulka 4: Návrh podlahového vytápění pro teplotu interiéru 24 °C	43
Tabulka 5: Přehled navržených otopných ploch.....	44
Tabulka 6: Tepelný výkon a topný faktor jednoho TČ v závislosti na venkovní teplotě	48
Tabulka 7: Rozdělení odběru tepla během dne.....	53
Tabulka 8: Délková roztažnost potrubí a rozměry L kompenzátoru	56
Tabulka 9: Nastavení TRV, MS, R pro první část budovy	60
Tabulka 10: Nastavení TRV, MS, R pro druhou část budovy	61
Tabulka 11: Nastavení TRV, MS, R pro třetí část budovy	61
Tabulka 12: Hodnoty k_v pro nastavení vyvažovacích ventilů [22].....	63
Tabulka 13: Nastavení vyvažovacích ventilů.....	63
Tabulka 14: Dimenzování rozvodů v technické místnosti	66
Tabulka 15: Posouzení navržené tloušťky tepelné izolace potrubí	74
Tabulka 16: Vstupní údaje pro návrh oběhových čerpadel	74

SEZNAM PŘÍLOH

Přílohy

Příloha č. 1	Přesný výpočet tepelných ztrát jednotlivých místností
Příloha č. 2	Podrobný výpočet a návrh otopných ploch
Příloha č. 3	Dimenzování a hydraulické seřízení rozvodů

Výkresy

Výkres č. 01	Půdorys 1. NP	M 1:50
Výkres č. 02	Půdorys technické místnosti	M 1:25
Výkres č. 03	Schéma zapojení zdroje tepla	M 1:25
Výkres č. 04	Schéma zapojení otopných těles	M 1:50



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

PŘÍLOHA Č. 1

PŘESNÝ VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT JEDNOTLIVÝCH MÍSTNOSTÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Karolína Železná

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARCELA POČINKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2019

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
101	Zádveří	15

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Obvodová stěna	4,54	0,14	0,02	0,16	1	0,73
O1	Okno trojsko	1,96	0,71	0	0,71	1	1,39
D1	Dveře vnější	3,33	0,9	0	0,9	1	3,00
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							5,12

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	2,97	0,14	0,02	0,16	0,889	0,42
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							0,42
$\theta_u = -9$		$b_u = (15 - (-9)) / (20 - (-12)) =$		0,889			

Tepelné ztráty do zeminy								
Stavební konstrukce								$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot G_w$
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w	
PDL1	Podlaha	2,97	0,16	0,475	1,45	0,370	1	0,54
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \Sigma(A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)								0,26
$\theta_{m,e} = 5$		$f_{g2} = (15-5)/(15-(-12)) =$			0,370			
		$B = A/(0,5 \cdot Obv) = 757,53/(0,5 \cdot 181,57) =$			8,34		$U_{podl} = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty						
Stavební konstrukce						
Č.k.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$	
D4	Dveře do chodby 102		1,82	1,38	-0,185	-0,46
SO2	Obvodová stěna do umývárny 130		5,73	0,25	-0,333	-0,48
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)						-0,94
Chodba	$\theta_j = 20$	$f_{ij} = (15 - 20) / (15 - (-12)) =$		-0,185		
Umývárna	$\theta_j = 24$	$f_{ij} = (15 - 24) / (15 - (-12)) =$		-0,333		

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					4,85
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
15	-12	27	4,85	131,03	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$		
8,46	20	-0,185		
počet nechráněných otvorů	n_{50}	e	ε	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)
2	0,6	0,05	1	0,51
Výpočet tepelné ztráty větráním				
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i}$ (W)	
0,51	0,17	27,00	4,66	

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 101

$$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

135,69 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
102	Chodba	20

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Obvodová stěna	34,88	0,14	0,02	0,16	1	5,58
O1	Okno trojsko	17,64	0,71	0	0,71	1	12,52
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							18,11

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	86,39	0,14	0,02	0,16	0,906	12,53
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							12,53

$$\theta_u = -9 \quad b_u = (20 - (-9)) / (20 - (-12)) = 0,906$$

Tepelné ztráty do zeminy							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL1	Podlaha	86,39	0,16	13,822	1,45	0,469	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							9,39

$$\theta_{m,e} = 5 \quad f_{g2} = (20 - 5) / (20 - (-12)) = 0,469$$

$$B = A / (0,5 \cdot Obv) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) = 8,34 \quad U_{podl} = 0,22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Č.k.	Popis	A _k	U _k	f _{ij}	A _k *U _k *f _{ij}
SN3	Stěna do skladu 136	2,94	1,38	0,156	0,63
D2	Dveře do skladu 136	1,62	1,1	0,156	0,28
SN2	Stěna do technické místnosti 137	10,87	1,22	0,156	2,07
D5	Dveře do technické místnosti 137	3,33	0,9	0,156	0,47
SN2	Stěna do strojovny vzduchotechniky 139	13,31	1,22	0,156	2,54
D5	Dveře do strojovny vzduchotechniky 139	3,33	0,9	0,156	0,47
SN1	Stěna do místností 109 + 110 + 111	12,90	0,88	0,156	1,77
D2	Dveře do chodby 110	1,82	1,1	0,156	0,31
D4	Dveře do zádveří 101 + 133	7,27	1,38	0,156	1,57
SN3	Stěna do jídelen + heren 107 + 117 + 127	10,29	1,38	-0,063	-0,89
SN1	Stěna do WC 121	15,87	0,88	-0,125	-1,75
SN1	Stěna do umývárny 120	11,26	0,88	-0,125	-1,24
SO2	Stěna do umývárén 104 + 130	3,65	0,25	-0,125	-0,11
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou H _{T,ij} =ΣA _k *U _k *f _{ij} (W/K)					6,13

$$\text{Sklad} \quad \theta_j = 15 \quad f_{ij} = (20 - 15) / (20 - (-12)) = 0,156$$

$$\text{Herna + jídelna} \quad \theta_j = 22 \quad f_{ij} = (15 - 22) / (15 - (-12)) = -0,063$$

$$\text{Umývárna + WC} \quad \theta_j = 24 \quad f_{ij} = (15 - 24) / (15 - (-12)) = -0,125$$

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ij} + H_{t,ig}$					46,16
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
20	-12	32	46,16	1477,00	

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	$n(h^{-1})$	$V_{su,i}$ (m ³ /h)
246,21	20	0	0,5	123,11
počet nechráněných otvorů	n_{50}	e	ε	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)
5	0,6	0,05	1	14,77
Výpočet tepelné ztráty větráním				
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)	
14,77	5,02	32,00	160,73	

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 102

$$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

1637,73 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
103	Šatna	20

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	9,61	0,14	0,02	0,16	0,906	1,39
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,lue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							1,39
$\theta_u = -9$		$b_u = (20 - (-9)) / (20 - (-12)) =$		0,906			

Tepelné ztráty do zeminy							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL1	Podlaha	9,61	0,16	1,538	1,45	0,469	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							1,05
$\theta_{m,e} = 5$		$f_{g2} = (20 - 5) / (20 - (-12)) =$		0,469			
		$B = A / (0,5 \cdot Obv) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) =$		8,34		$U_{podl} = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty						
Stavební konstrukce						
Č.k.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$	
SN2	Stěna do umývárny 105	6,01	1,22	-0,125	-0,92	
SN2	Stěna do ložnice 107	13,03	1,22	-0,063	-0,99	
D3	Dveře do ložnice 107	2,02	1,45	-0,063	-0,18	
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)						-2,09
Umývárna		$\theta_j = 24$	$f_{ij} = (20 - 24) / (20 - (-12)) =$		-0,125	
Ložnice		$\theta_j = 22$	$f_{ij} = (20 - 22) / (20 - (-12)) =$		-0,063	

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{t,ie} + H_{t,lue} + H_{t,ij} + H_{t,ig}$					0,34
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
20	-12	32	0,34	11,04	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	$n(h^{-1})$	$V_{su,i}$ (m ³ /h)	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)
27,39	20	0	15	410,85	0
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)		
0,00	0,00	32,00	0,00		

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 103

$$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

11,04 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
104	Umývárna	24

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Obvodová stěna	3,51	0,14	0,02	0,16	1	0,56
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							0,56

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	8,34	0,14	0,02	0,16	0,917	1,22
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							1,22
$\theta_u = -9$ $b_u = (24 - (-9)) / (24 - (-12)) =$ 0,917							

Tepelné ztráty do zeminy								
Stavební konstrukce								$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot G_w$
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w	
PDL1	Podlaha	8,34	0,16	1,334	1,45	0,528	1	0,77
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)								1,02
$\theta_{m,e} = 5$ $f_{g2} = (24 - 5) / (24 - (-12)) = 0,528$ $B = A / (0,5 \cdot Obv) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) = 8,34$ $U_{podl} = 0,22 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$								

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$		
SN2	Stěna do jídelny + herny 107	12,01	1,22	0,056	0,81		
D2	Dveře do jídelny + herny 107	1,82	1,6	0,056	0,16		
SN2	Stěna do šatny 103	6,01	1,22	0,111	0,81		
SO2	Stěna do chodby 102	1,82	0,25	0,111	0,05		
SO2	Stěna do zádveří 101	5,73	0,25	0,250	0,36		
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)							2,20
Jídelna + herna $\theta_j = 22$ $f_{ij} = (24 - 22) / (24 - (-12)) =$ 0,056							
Šatna+chodba $\theta_j = 20$ $f_{ij} = (24 - 20) / (24 - (-12)) =$ 0,111							
Zádveří $\theta_j = 15$ $f_{ij} = (24 - 15) / (24 - (-12)) =$ 0,250							

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					5,00	
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$		Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
24	-12	36	5,00		180,15	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	Umyvadl	V (m ³ /h.ks)	$V_{su,i}$ (m ³ /h)	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)
23,77	20	0,111	6	30	180	0
Výpočet tepelné ztráty větráním						
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)			
20,00	6,80	36	244,80			

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 104

$$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

424,95 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{\text{int},i}$ [°C]
105	WC	24

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Obvodová stěna	21,29	0,14	0,02	0,16	1	3,41
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							3,41

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	10,58	0,14	0,02	0,16	0,917	1,55
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							1,55
$\theta_u = -9$		$b_u = (24 - (-9)) / (24 - (-12)) =$		0,917			

Tepelné ztráty do zeminy							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{\text{equiv},k}$	$A_k \cdot U_{\text{equiv},k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL1	Podlaha	10,58	0,16	1,693	1,45	0,528	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{\text{equiv},k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							1,30
$\theta_{m,e} = 5$		$f_{g2} = (24 - 5) / (24 - (-12)) =$		0,528		$U_{\text{podl}} = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	
		$B = A / (0,5 \cdot \text{Obv}) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) =$		8,34			

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty						
Stavební konstrukce						
Č.k.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$	
SN2	Stěna do ložnice 106	15,87	1,22	0,056	1,08	
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$ (W/K)						1,08
Ložnice		$\theta_j = 22$	$f_{ij} = (24 - 22) / (24 - (-12)) =$		0,056	

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					7,33
$\theta_{\text{int},i}$	θ_e	$\theta_{\text{int},i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
24	-12	36	7,33	263,85	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	WC (ks)	V (m ³ /h.ks)	$V_{su,i}$ (m ³ /h)	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)
30,15	20	0,111	6	50	120	0
Výpočet tepelné ztráty větráním			přívod 180 m ³ /h z místnosti 104			
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{\text{int},i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)			
13,33	4,53	36	163,20			

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 105

$$\Phi_{\text{celkem}} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

427,05 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
106	Ložnice	22

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Obvodová stěna	47,27	0,14	0,02	0,16	1	7,56
O1	Okno trojsko	4,06	0,71	0	0,71	1	2,88
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							10,45

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	49,33	0,14	0,02	0,16	0,912	7,20
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							7,20
$\theta_u = -9$		$b_u = (22 - (-9)) / (22 - (-12)) =$		0,912			

Tepelné ztráty do zeminy							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL2	Podlaha	49,33	0,16	7,893	1,45	0,500	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							5,72
$\theta_{m,e} = 5$		$f_{g2} = (22 - 5) / (22 - (-12)) =$		0,500			
		$B = A / (0,5 \cdot Obv) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) =$		8,34		$U_{podl} = 0,22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Stavební konstrukce					
Č.k.	Popis	A _k	U _k	f _{ij}	A _k *U _k *f _{ij}
SN2	Stěna do WC 105	15,87	1,22	-0,059	-1,14
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou H _{T,ij} =ΣA _k *U _k *f _{ij} (W/K)					-1,14
WC	θ= 24	f _{ij} =(22-24)/(22-(-12))=		-0,059	

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					22,23
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
22	-12	34	22,23	755,67	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	Počet osob	V (m ³ /h.os)	$V_{su,i}$ (m ³ /h)
172,66	20	0,059	29	25	725
Počet nechráněných otvorů	n_{50}	e	ε	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)	
1	0,6	0,03	1	6,22	
Výpočet tepelné ztráty větráním					
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i}$ (W)		
48,86	16,61	34	564,85		

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 106

$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$

1320,52 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
107	Jídelna + herna	22

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Obvodová stěna	27,81	0,14	0,02	0,16	1	4,45
O1	Okno trojsko	9,14	0,71	0	0,71	1	6,49
D1	Dveře vnější	4,19	0,9	0	0,9	1	3,77
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							14,70

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
SO1	Obvodová stěna do 114	5,76	0,14	0,02	0,16	0,500	0,46
STR1	Strop	91,31	0,14	0,02	0,16	0,912	13,32
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							13,78
$\theta_u = 5$		$b_u = (22 - (-3)) / (22 - (-12)) =$		0,500			
$\theta_u = -9$		$b_u = (22 - (-9)) / (22 - (-12)) =$		0,912			

Tepelné ztráty do zeminy							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL2	Podlaha	91,31	0,16	14,610	1,45	0,500	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							10,59
$\theta_{m,e} = 5$		$f_{g2} = (22 - 5) / (22 - (-12)) =$		0,500			

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Č.k.	Popis	A _k	U _k	f _{ij}	A _k *U _{kc} *f _{ij}
SN2	Stěna do umývárny 104	12,01	1,22	-0,059	-0,86
D2	Dveře do umývárny 104	1,82	1,6	-0,059	-0,17
SN2	Stěna do šatny 103	13,03	1,22	0,059	0,94
D2	Dveře do šatny 103	2,02	1,45	0,059	0,17
SN2	Stěna do WC učitelé 108	4,90	1,22	0,059	0,35
SN3	Stěna do WC učitelé 108	3,51	1,38	0,059	0,28
D2	Dveře do WC učitelé 108	1,62	1,6	0,059	0,15
SN1	Stěna do výdejny jídel 113	15,22	0,88	0,059	0,79
D2	Dveře + okénko do výdejny jídel 113	3,07	1,6	0,059	0,29
SN3	Stěna do chodby 102	3,43	1,38	0,059	0,28
SN1	Stěna do umývárny+skladu 107	5,16	0,88	0,206	0,93
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou H _{T,ij} =ΣA _k *U _k *f _{ij} (W/K)					3,15

Umývárna	$\theta_j = 24$	$f_{ij} = (22 - 24) / (22 - (-12)) =$	-0,059
Šatna + WC + výdejna + chodba	$\theta_j = 20$	$f_{ij} = (22 - 20) / (22 - (-12)) =$	0,059
Umývárna+sklad	$\theta_j = 15$	$f_{ij} = (22 - 15) / (22 - (-12)) =$	0,206

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ij} + H_{t,ig}$					42,23
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
22	-12	34	42,23	1435,73	

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	Počet osob	V (m ³ /h.os)	$V_{su,i}$ (m ³ /h)
319,59	20	0,059	29	25	725
Počet nechráněných otvorů	n_{50}	e	ε	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)	
4	0,6	0,05	1	19,18	
Výpočet tepelné ztráty větráním					
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)		
61,82	21,02	34	714,67		

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 107

$$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

2150,40 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
108	WC učitelé	20

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	3,13	0,14	0,02	0,16	0,906	0,45
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							0,45
$\theta_u = -9$		$b_u = (20 - (-9)) / (20 - (-12)) =$		0,906			

Tepelné ztráty do zeminy							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL1	Podlaha	3,13	0,16	0,501	1,45	0,469	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							0,34
$\theta_{m,e} = 5$		$f_{g2} = (20 - 5) / (20 - (-12)) =$		0,469			
		$B = A / (0,5 \cdot Obv) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) =$		8,34		$U_{podl} = 0,22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty						
Stavební konstrukce						
Č.k.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$	
SN2	Stěna do jídelny + herny 107	4,90	1,22	-0,063	-0,37	
SN3	Stěna do jídelny + herny 107	3,51	1,38	-0,063	-0,30	
D2	Dveře do jídelny + herny 107	1,62	1,1	-0,063	-0,11	
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)						-0,79
Jídelna + herna		$\theta_j = 22$	$f_{ij} = (20 - 22) / (20 - (-12)) =$		-0,063	

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ij} + H_{t,ig}$					0,01
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
20	-12	32	0,01	0,21	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	WC + umyv.	V (m ³ /h.ks)	$V_{su,i}$ (m ³ /h)
8,92	20	0	1 + 1	50 + 30	80
počet nechráněných otvorů	n_{50}	e	ε	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)	
0	4,5	0,03	1	0,00	
Výpočet tepelné ztráty větráním					
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)		
0,00	0,00	32	0,00		

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 108

$$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

0,21 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
109	Umývárna + sklad	15

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	4,39	0,14	0,02	0,16	0,889	0,62
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,ue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							0,62
$\theta_u = -9$		$b_u = (15 - (-9)) / (20 - (-12)) =$		0,889			

Tepelné ztráty do zeminy								
Stavební konstrukce								$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot G_w$
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w	
PDL1	Podlaha	4,39	0,16	0,702	1,45	0,370	1	0,54
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \Sigma(A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)								0,38
$\theta_{m,e} = 5$		$f_{g2} = (15-5)/(15-(-12)) =$			0,370			
		$B = A/(0,5 \cdot Obv) = 757,53/(0,5 \cdot 181,57) =$			8,34		$U_{podl} = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Stavební konstrukce					
Č.k.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$
SN1	Stěna do chodby 102	6,48	0,88	-0,185	-1,06
SN1	Stěna do herny + jídelny 107	5,16	0,88	-0,259	-1,18
SN2	Stěna do výdejny jídel 113	6,88	1,22	-0,185	-1,55
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)					-3,79
Chodba + výdejna jídel		$\theta_j = 20$	$f_{ij} = (15 - 20) / (15 - (-12)) =$		-0,185
Herna + jídelna		$\theta_j = 22$	$f_{ij} = (15 - 22) / (15 - (-12)) =$		-0,259

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ij} + H_{t,ig}$					-2,79
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
15	-12	27	-2,79	-75,22	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	Umyvadl	V (m ³ /h.ks)	$V_{su,i}$ (m ³ /h)	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)
23,77	20	-0,185	1	30	30	0
Výpočet tepelné ztráty větráním						
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)			
-5,56	-1,89	27	-51,00			

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 109

$$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

-126,22 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
110	Chodba	15

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	2,68	0,14	0,02	0,16	0,889	0,38
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							0,38
$\theta_u = -9$		$b_u = (15 - (-9)) / (20 - (-12)) =$		0,889			

Tepelné ztráty do zeminy								
Stavební konstrukce								$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot G_w$
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w	
PDL1	Podlaha	2,68	0,16	0,429	1,45	0,370	1	0,54
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \Sigma(A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)								0,23
$\theta_{m,e} = 5$		$f_{g2} = (15-5)/(15-(-12)) =$			0,370			
		$B = A/(0,5 \cdot Obv) = 757,53/(0,5 \cdot 181,57) =$			8,34		$U_{podl} = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty						
Stavební konstrukce						
Č.k.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$	
SN1	Stěna do chodby 102	1,60	0,88	-0,185	-0,26	
D2	Dveře do chodby 102	1,82	1,1	-0,185	-0,37	
SN2	Stěna do výdejny jídel 113	1,60	1,22	-0,185	-0,36	
D2	Dveře do výdejny jídel 113	1,82	1,1	-0,185	-0,37	
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)						-1,36
Chodba + herna + jídelna + výdejna		$\theta_j = 20$		$f_{ij} = (15 - 20) / (15 - (-12)) =$		-0,185

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ij} + H_{t,ig}$					-0,75
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
15	-12	27	-0,75	-20,31	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	$V_{su,i}$ (m ³ /h)	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)
23,77	20	-0,185185	0	0
Výpočet tepelné ztráty větráním				
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)	
0,00	0,00	27	0,00	

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 110

$$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

-20,31 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
111	Úklid	15

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	1,53	0,14	0,02	0,16	0,889	0,22
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							0,22
$\theta_u = -9$		$b_u = (15 - (-9)) / (20 - (-12)) =$		0,889			

Tepelné ztráty do zeminy								
Stavební konstrukce								$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot G_w$
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w	
PDL1	Podlaha	1,53	0,16	0,245	1,45	0,370	1	0,54
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \Sigma(A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)								0,13
$\theta_{m,e} = 5$		$f_{g2} = (15-5)/(15-(-12)) =$			0,370			
		$B = A/(0,5 \cdot Obv) = 757,53/(0,5 \cdot 181,57) =$			8,34		$U_{podl} = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Stavební konstrukce					
Č.k.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$
SN1	Stěna do chodby 102	4,82	0,88	-0,185	-0,78
SN1	Stěna do herny + jídelny 117	5,16	0,88	-0,259	-1,18
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)					-1,96
Chodba		$\theta_j = 20$	$f_{ij} = (15 - 20) / (15 - (-12)) =$		-0,185
Herna + jídelna		$\theta_j = 22$	$f_{ij} = (15 - 22) / (15 - (-12)) =$		-0,259

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ij} + H_{t,ig}$					-1,61
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
15	-12	27	-1,61	-43,54	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	Umyvadeli	V (m ³ /h.ks)	$V_{su,i}$ (m ³ /h)	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)
23,77	20	-0,185	1	30	30	0
Výpočet tepelné ztráty větráním						
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)			
-5,56	-1,89	27	-51,00			

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 111

$$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

-94,54 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
112	Chlazený odpad	15

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	2,13	0,14	0,02	0,16	0,889	0,30
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							0,30
$\theta_u = -9$		$b_u = (15 - (-9)) / (20 - (-12)) =$		0,889			

Tepelné ztráty do zeminy							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL1	Podlaha	2,13	0,16	0,341	1,45	0,370	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							0,18
$\theta_{m,e} = 5$		$f_{g2} = (15 - 5) / (15 - (-12)) =$		0,370			
		$B = A / (0,5 \cdot \text{Obv}) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) =$		8,34		$U_{podl} = 0,22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty						
Stavební konstrukce						
Č.k.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$	
SN1	Stěna do herny + jídelny 107		3,59	0,88	-0,259	-0,82
SN2	Stěna do výdejny jídel 113		5,92	1,22	-0,185	-1,34
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)						-2,16
Chodba + výdejna jídel		$\theta_j = 20$	$f_{ij} = (15 - 20) / (15 - (-12)) =$		-0,185	
Herna + jídelna		$\theta_j = 22$	$f_{ij} = (15 - 22) / (15 - (-12)) =$		-0,259	

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i}=H_{t,ie}+H_{t,iue}+H_{t,ij}+H_{t,ig}$					-1,67
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$		Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)
15	-12	27	-1,67		-45,08

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	Umyvadl	V (m ³ /h.ks)	$V_{su,i}$ (m ³ /h)	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)
23,77	20	-0,185	1	30	30	0
Výpočet tepelné ztráty větráním						
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)			
-5,56	-1,89	27	-51,00			

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 112

$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$

-96,08 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
113	Výdejna jídel	20

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Obvodová stěna	2,41	0,14	0,02	0,16	1	0,39
D1	Dveře	2,02	0,9	0	0,9	1	1,82
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							2,20

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
SO1	Stěna do 114+115+116	10,85	0,14	0,02	0,16	0,469	0,81
STR1	Strop	26,18	0,14	0,02	0,16	0,906	3,80
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							4,61

$$\theta_u = 5 \quad b_u = (20 - 5) / (20 - (-12)) = 0,469$$

$$\theta_u = -9 \quad b_u = (20 - (-9)) / (20 - (-12)) = 0,906$$

Tepelné ztráty do zeminy							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL1	Podlaha	26,18	0,16	4,189	1,45	0,469	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							2,85

$$\theta_{m,e} = 5 \quad f_{g2} = (20 - 5) / (20 - (-12)) = 0,469$$

$$B = A / (0,5 \cdot Obv) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) = 8,34 \quad U_{podl} = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Stavební konstrukce					
Č.k.	Popis	A _k	U _k	f _{ij}	A _k *U _{kc} *f _{ij}
SN2	Stěna do 1.09 + 1.10 + 1.12	15,17	1,22	0,156	2,89
D2	Dveře do chodby 1.10	1,82	1,6	0,156	0,45
SN1	Stěna do ložnice 1.07 + 1.17	30,44	0,88	-0,063	-1,67
D2	Dveře + okénko do ložnice 1.07 + 1.17	6,14	1,6	-0,063	-0,61
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou H _{T,ij} =ΣA _k *U _k *f _{ij} (W/K)					1,06

$$1.09 + 1.10 + 1.12 \quad \theta_j = 15 \quad f_{ij} = (20 - 15) / (20 - (-12)) = 0,156$$

$$\text{Ložnice} \quad \theta_j = 22 \quad f_{ij} = (20 - 22) / (20 - (-12)) = -0,063$$

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$				10,72
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)
20	-12	32	10,72	343,02

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	n (h ⁻¹)	$V_{su,i}$ (m ³ /h)
91,63	20	0	0,5	45,82
počet nechráněných otvorů	n_{50}	e	ε	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)
1	0,6	0,03	1	3,30
Výpočet tepelné ztráty větráním				
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)	
3,30	1,12	32,00	35,89	

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 113

$$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} = \boxed{378,91 \text{ W}}$$

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
114	WC venkovní	5

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Obvodová stěna	3,50	0,14	0,02	0,16	1	0,56
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							0,56

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	1,65	0,14	0,02	0,16	0,824	0,22
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							0,22
$\theta_u = -9$		$b_u = (5 - (-9)) / (5 - (-12)) =$		0,824			

Tepelné ztráty do zeminy								
Stavební konstrukce								
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot G_w$
PDL1	Podlaha	1,65	0,16	0,264	1,45	0,000	1	0,00
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)								0,00
$\theta_{m,e} = 5$		$f_{g2} = (5 - 5) / (5 - (-12)) =$		0,000				
		$B = A / (0,5 \cdot Obv) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) =$		8,34		$U_{podl} = 0,22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$		

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty						
Stavební konstrukce						
Č.k.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$	
SO2	Stěna do výdejny jídel 113	3,50	0,25	-0,882	-0,77	
SO2	Stěna do ložnice 107	5,76	0,25	-1,000	-1,44	
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$ (W/K)						-2,21
Výdejna jídel		$\theta_j = 20$	$f_{ij} = (5 - 20) / (5 - (-12)) =$		-0,882	
Ložnice		$\theta_j = 22$	$f_{ij} = (5 - 22) / (5 - (-12)) =$		-1,000	

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ij} + H_{t,ig}$					-1,43	
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$		Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
5	-12	17	-1,43		-24,38	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_e	$\theta_{int,i}$		
5,78	-12	5		
počet nechráněných otvorů	n_{50}	e	ε	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)
0	0,6	0,03	1	0,00
Výpočet tepelné ztráty větráním				
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)	
0,00	0,00	17,00	0,00	

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 114

$$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

-24,38 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{\text{int},i}$ [°C]
115	Umývárna venkovní	5

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Obvodová stěna	2,01	0,14	0,02	0,16	1	0,32
D1	Dveře	1,82	0,9	0	0,9	1	1,64
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							1,96

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	1,80	0,14	0,02	0,16	0,824	0,24
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							0,24
$\theta_u = -9$ $b_u = (5 - (-9)) / (5 - (-12)) =$ 0,824							

Tepelné ztráty do zeminy							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{\text{equiv},k}$	$A_k \cdot U_{\text{equiv},k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL1	Podlaha	1,80	0,16	0,288	1,45	0,000	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{\text{equiv},k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							0,00
$\theta_{m,e} = 5$ $f_{g2} = (5 - 5) / (5 - (-12)) =$ 0,000 $B = A / (0,5 \cdot \text{Obv}) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) =$ 8,34 $U_{\text{podl}} = 0,22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$							

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty						
Stavební konstrukce						
Č.k.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$	
SO2	Stěna do výdejny jídel 113	3,83	0,25	-0,882	-0,85	
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$ (W/K)						-0,85
Výdejna jídel $\theta_j = 20$ $f_{ij} = (5 - 20) / (5 - (-12)) =$ -0,882						

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					1,35
$\theta_{\text{int},i}$	θ_e	$\theta_{\text{int},i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
5	-12	17	1,35	22,95	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_e	$\theta_{\text{int},i}$		
6,3	-12	5		
počet nechráněných otvorů	n_{50}	e	ε	$V_{\text{inf},i}$ (m ³ /h)
1	0,6	0,03	1	0,23
Výpočet tepelné ztráty větráním				
Max ($V_{\text{min},i}$ a $V_{\text{inf},i}$)	$H_{v,i}$	$\theta_{\text{int},i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)	
0,23	0,08	17,00	1,31	

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 115

$$\Phi_{\text{celkem}} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

24,27 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{\text{int},i}$ [°C]
116	WC venkovní	5

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Obvodová stěna	9,26	0,14	0,02	0,16	1	1,48
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							1,48

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	1,65	0,14	0,02	0,16	0,824	0,22
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							0,22
$\theta_u = -9$		$b_u = (5 - (-9)) / (5 - (-12)) =$		0,824			

Tepelné ztráty do zeminy								
Stavební konstrukce								
Č.k.	Popis	A_k	$U_{\text{equiv},k}$	$A_k \cdot U_{\text{equiv},k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot A_k \cdot U_{\text{equiv},k} \cdot G_w$
PDL1	Podlaha	1,65	0,16	0,264	1,45	0,000	1	0,00
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{\text{equiv},k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)								0,00
$\theta_{m,e} = 5$		$f_{g2} = (5 - 5) / (5 - (-12)) =$		0,000				
		$B = A / (0,5 \cdot \text{Obv}) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) =$		8,34		$U_{\text{podl}} = 0,22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$		

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty						
Stavební konstrukce						
Č.k.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$	
SO2	Stěna do výdejny jídel 113		3,83	0,25	-0,882	-0,85
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$ (W/K)						-0,85
Výdejna jídel		$\theta_j = 20$		$f_{ij} = (5 - 20) / (5 - (-12)) =$		-0,882

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ij} + H_{t,ig}$					0,85
$\theta_{\text{int},i}$	θ_e	$\theta_{\text{int},i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
5	-12	17	0,85	14,50	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_e	$\theta_{\text{int},i}$		
5,78	-12	0		
počet nechráněných otvorů	n_{50}	e	ε	$V_{\text{inf},i}$ (m ³ /h)
0	0,6	0,03	1	0,00
Výpočet tepelné ztráty větráním				
Max ($V_{\text{min},i}$ a $V_{\text{inf},i}$)	$H_{V,i}$	$\theta_{\text{int},i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)	
0,00	0,00	17,00	0,00	

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 116

$$\Phi_{\text{celkem}} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

14,50 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
117	Jídelna + herna	22

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Obvodová stěna	34,33	0,14	0,02	0,16	1	5,49
O1	Okno trojsko	9,14	0,71	0	0,71	1	6,49
D1	Dveře vnější	4,19	0,9	0	0,9	1	3,77
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							15,75

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	91,31	0,14	0,02	0,16	0,912	13,32
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							13,32

$$\theta_u = 5 \quad b_u = (22 - (-3)) / (22 - (-12)) = 0,500$$

$$\theta_u = -9 \quad b_u = (22 - (-9)) / (22 - (-12)) = 0,912$$

Tepelné ztráty do zeminy							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL2	Podlaha	91,31	0,16	14,610	1,45	0,500	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							10,59

$$\theta_{m,e} = 5 \quad f_{g2} = (22 - 5) / (22 - (-12)) = 0,500$$

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Č.k.	Popis	A _k	U _k	f _{ij}	A _k *U _{kc} *f _{ij}
SN2	Stěna do umývárny 120	12,01	1,22	-0,059	-0,86
D2	Dveře do umývárny 120	1,82	1,6	-0,059	-0,17
SN2	Stěna do šatny 119	13,03	1,22	0,059	0,94
D2	Dveře do šatny 119	2,02	1,45	0,059	0,17
SN2	Stěna do WC učitelé 118	4,90	1,22	0,059	0,35
SN3	Stěna do WC učitelé 118	3,51	1,38	0,059	0,28
D2	Dveře do WC učitelé 118	1,62	1,6	0,059	0,15
SN1	Stěna do výdejny jídel 113	15,22	0,88	0,059	0,79
D2	Dveře + okénko do výdejny jídel 113	3,07	1,6	0,059	0,29
SN3	Stěna do chodby 102	3,43	1,38	0,059	0,28
SN1	Stěna do úklidu 111+ chlazeného odpadu 112	5,16	0,88	0,206	0,93
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou H _{T,ij} =ΣA _k *U _k *f _{ij} (W/K)					3,15

$$\text{Umývárna} \quad \theta_j = 24 \quad f_{ij} = (22 - 24) / (22 - (-12)) = -0,059$$

$$\text{Šatna + WC + výdejna + chodba} \quad \theta_j = 20 \quad f_{ij} = (22 - 20) / (22 - (-12)) = 0,059$$

$$\text{Umývárna+sklad} \quad \theta_j = 15 \quad f_{ij} = (22 - 15) / (22 - (-12)) = 0,206$$

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ij} + H_{t,ig}$					42,81
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
22	-12	34	42,81	1455,58	

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	Počet osob	V (m ³ /h.os)	$V_{su,i}$ (m ³ /h)
319,59	20	0,059	29	25	725
Počet nechráněných otvorů	n_{50}	e	ε	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)	
4	0,6	0,05	1	19,18	
Výpočet tepelné ztráty větráním					
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i}$ (W)		
61,822	21,02	34	714,67		

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 117

$$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{v,i} =$$

2170,25 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
118	WC učitelé	20

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	3,13	0,14	0,02	0,16	0,906	0,45
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							0,45
$\theta_u = -9$		$b_u = (20 - (-9)) / (20 - (-12)) =$		0,906			

Tepelné ztráty do zeminy							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL1	Podlaha	3,13	0,16	0,501	1,45	0,469	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							0,34
$\theta_{m,e} = 5$		$f_{g2} = (20 - 5) / (20 - (-12)) =$		0,469			
		$B = A / (0,5 \cdot Obv) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) =$		8,34		$U_{podl} = 0,22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty						
Stavební konstrukce						
Č.k.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$	
SN2	Stěna do jídelny + herny 107		4,90	1,22	-0,063	-0,37
SN3	Stěna do jídelny + herny 107		3,51	1,38	-0,063	-0,30
D2	Dveře do jídelny + herny 107		1,62	1,1	-0,063	-0,11
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)						-0,79
Jídelna + herna		$\theta_j = 22$	$f_{ij} = (20 - 22) / (20 - (-12)) =$		-0,063	

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ij} + H_{t,ig}$					0,01
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
20	-12	32	0,01	0,21	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	WC + umyv.	V (m ³ /h.ks)	$V_{su,i}$ (m ³ /h)
8,92	20	0	1 + 1	50 + 30	80
počet nechráněných otvorů	n_{50}	e	ε	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)	
0	4,5	0,03	1	0,00	
Výpočet tepelné ztráty větráním					
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)		
0,00	0,00	32	0,00		

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 118

$$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

0,21 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
119	Šatna	20

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	9,61	0,14	0,02	0,16	0,906	1,39
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \Sigma A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							1,39
$\theta_u = -9$		$b_u = (20 - (-9)) / (20 - (-12)) =$		0,906			

Tepelné ztráty do zeminy							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL1	Podlaha	9,61	0,16	1,538	1,45	0,469	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \Sigma (A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							1,05
$\theta_{m,e} = 5$		$f_{g2} = (20 - 5) / (20 - (-12)) =$		0,469			
		$B = A / (0,5 \cdot Obv) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) =$		8,34		$U_{podl} = 0,22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty						
Stavební konstrukce						
Č.k.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$	
SN2	Stěna do umývárny 120	6,01	1,22	-0,125	-0,92	
SN2	Stěna do ložnice 117	13,03	1,22	-0,063	-0,99	
D3	Dveře do ložnice 117	2,02	1,45	-0,063	-0,18	
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou $H_{T,ij} = \Sigma A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)						-2,09
Umývárna		$\theta_j = 24$	$f_{ij} = (20 - 24) / (20 - (-12)) =$		-0,125	
Ložnice		$\theta_j = 22$	$f_{ij} = (20 - 22) / (20 - (-12)) =$		-0,063	

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ij} + H_{t,ig}$					0,34
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
20	-12	32	0,34	11,04	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	$n(h^{-1})$	$V_{su,i}$ (m ³ /h)	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)
27,39	20	0	15	410,85	0
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)		
0,00	0,00	32,00	0,00		

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 119

$$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

11,04 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
120	Umývárna	24

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	8,83	0,14	0,02	0,16	0,917	1,30
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							1,30
$\theta_u = -9$		$b_u = (24 - (-9)) / (24 - (-12)) =$		0,917			

Tepelné ztráty do zeminy							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL1	Podlaha	8,83	0,16	1,413	1,45	0,528	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							1,08
$\theta_{m,e} = 5$		$f_{g2} = (24 - 5) / (24 - (-12)) =$		0,528			
		$B = A / (0,5 \cdot Obv) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) =$		8,34		$U_{podl} = 0,22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty						
Stavební konstrukce						
Č.k.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$	
SN1	Stěna do chodby 102		11,26	0,88	0,111	1,10
SN2	Stěna do jídelny + herny 117		12,01	1,22	0,056	0,81
D2	Dveře do jídelny + herny 117		1,82	1,6	0,056	0,16
SN2	Stěna do šatny 119		6,37	1,22	0,111	0,86
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)						2,94
Jídelna + herna		$\theta_j = 22$	$f_{ij} = (24 - 22) / (24 - (-12)) =$		0,056	
Šatna + chodba		$\theta_j = 20$	$f_{ij} = (24 - 20) / (24 - (-12)) =$		0,111	
Zádveří		$\theta_j = 15$	$f_{ij} = (24 - 15) / (24 - (-12)) =$		0,250	

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ij} + H_{t,ig}$					5,32	
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$		Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
24	-12	36	5,32		191,37	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	Umyvadl	V (m ³ /h.ks)	$V_{su,i}$ (m ³ /h)	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)
23,77	20	0,111	6	30	180	0
Výpočet tepelné ztráty větráním						
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)			
20,00	6,80	36	244,80			

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 120

$$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

436,17 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
121	WC	24

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	11,28	0,14	0,02	0,16	0,917	1,65
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							1,65
$\theta_u = -9$		$b_u = (24 - (-9)) / (24 - (-12)) =$		0,917			

Tepelné ztráty do zeminy							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL1	Podlaha	11,28	0,16	1,805	1,45	0,528	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							1,38
$\theta_{m,e} = 5$		$f_{g2} = (24 - 5) / (24 - (-12)) =$		0,528		$U_{podl} = 0,22$ W/(m ² .K)	
		$B = A / (0,5 \cdot Obv) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) =$		8,34			

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty						
Stavební konstrukce						
Č.k.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$	
SN2	Stěna do ložnice 122	15,87	1,22	0,056	1,08	
SN1	Stěna do chodby 102	15,87	0,88	0,111	1,55	
SN1	Stěna do chodby 123	5,77	0,88	0,111	0,56	
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)						3,19
Ložnice $\theta_j = 22$		$f_{ij} = (24 - 22) / (24 - (-12)) =$		0,056		
Chodby $\theta_j = 20$		$f_{ij} = (24 - 20) / (24 - (-12)) =$		0,111		

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ij} + H_{t,ig}$					6,23
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
24	-12	36	6,23	224,21	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	WC (ks)	V (m ³ /h.ks)	$V_{su,i}$ (m ³ /h)	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)
30,15	20	0,111	6	50	120	0
Výpočet tepelné ztráty větráním			přívod 180 m ³ /h z místnosti 104			
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)			
13,33	4,53	36	163,20			

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 121

$$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

387,41 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
122	Ložnice	22

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Obvodová stěna	34,53	0,14	0,02	0,16	1	5,52
O1	Okno trojsko	4,06	0,71	0	0,71	1	2,88
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							8,41

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	49,33	0,14	0,02	0,16	0,912	7,20
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							7,20
$\theta_u = -9$ $b_u = (22 - (-9)) / (22 - (-12)) =$ 0,912							

Tepelné ztráty do zeminy							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL2	Podlaha	49,33	0,16	7,893	1,45	0,500	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							5,72
$\theta_{m,e} = 5$ $f_{g2} = (22 - 5) / (22 - (-12)) =$ 0,500 $B = A / (0,5 \cdot Obv) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) =$ 8,34 $U_{podl} = 0,22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$							

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty						
Stavební konstrukce						
Č.k.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$	
SN1	Stěna do chodby 123	14,98	0,88	0,059	0,78	
SN2	Stěna do WC 105	15,87	1,22	0,059	1,14	
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$ (W/K)						1,91
Chodba	$\theta_j = 20$	$f_{ij} = (22 - 20) / (22 - (-12)) =$	0,059			
WC	$\theta_j = 24$	$f_{ij} = (22 - 24) / (22 - (-12)) =$	-0,059			

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					23,24
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
22	-12	34	23,24	790,18	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	Počet osob	V (m ³ /h.os)	$V_{su,i}$ (m ³ /h)
172,66	20	0,059	29	25	725
Počet nechráněných otvorů	n_{50}	e	ϵ	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)	
1	0,6	0,03	1	6,22	
Výpočet tepelné ztráty větráním					
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)		
48,86	16,61	34,00	564,85		

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 122

$$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

1355,03 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
123	Chodba	20

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Obvodová stěna	3,25	0,14	0,02	0,16	1	0,52
D1	Dveře	2,02	0,9	0	0,9	1	1,82
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							2,34

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	7,55	0,14	0,02	0,16	0,906	1,09
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							1,09
$\theta_u = -9$ $b_u = (20 - (-9)) / (20 - (-12)) =$ 0,906							

Tepelné ztráty do zeminy							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL1	Podlaha	7,55	0,16	1,208	1,45	0,469	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							0,82
$\theta_{m,e} = 5$ $F_{g2} = (20 - 5) / (20 - (-12)) =$ 0,469 $B = A / (0,5 \cdot Obv) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) =$ 8,34 $U_{podl} = 0,22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$							

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty						
Stavební konstrukce						
Č.k.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$	
SN1	Stěna do ložnice 122	14,98	0,88	-0,063	-0,82	
SN1	Stěna do WC 121	5,77	0,88	-0,125	-0,63	
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$ (W/K)						-1,46
Ložnice $\theta_j = 22$ $f_{ij} = (20 - 22) / (20 - (-12)) =$ -0,063 WC $\theta_j = 24$ $f_{ij} = (20 - 24) / (20 - (-12)) =$ -0,125						

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$				2,79
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)
20	-12	32	2,79	89,43

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_e	$\theta_{int,i}$		
21,51	-12	20		
počet nechráněných otvorů	n_{50}	e	ε	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)
1	0,6	0,03	1	0,77
Výpočet tepelné ztráty větráním				
$V_{inf,i}$	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)	
0,77	0,26	32,00	8,43	

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 123

$$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

97,86 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
124	Šatna zaměstnanci	20

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	6,22	0,14	0,02	0,16	0,906	0,90
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							0,90
$\theta_u = -9$		$b_u = (20 - (-9)) / (20 - (-12)) =$		0,906			

Tepelné ztráty do zeminy								
Stavební konstrukce								$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot G_w$
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w	
PDL1	Podlaha	6,22	0,16	0,995	1,45	0,469	1	0,68
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig}=\Sigma(A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)								0,68
$\theta_{m,e}= 5$		$f_{g2}=(20-5)/(20-(-12))=$			0,469			
		$B=A/(0,5 \cdot Obv)=757,53/(0,5 \cdot 181,57)=$			8,34		$U_{podl}=0,22$ W/(m ² ·K)	

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Stavební konstrukce					
Č.k.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$
SN1	Stěna do ložnice 127	4,76	0,88	-0,063	-0,26
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)					-0,26
Ložnice		$\theta_j = 22$	$f_{ij} = (20 - 22) / (20 - (-12)) =$		-0,063

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,j} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ij} + H_{t,ig}$					1,32
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
20	-12	32	1,32	42,13	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	Počet osob	V (m ³ /h.ks)	$V_{su,i}$ (m ³ /h)	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)
16,05	20	0	3	25	75	0
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)			
0,00	0,00	32,00	0,00			

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 124

$$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

42,13 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
125	Výdejna jídel	20

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Obvodová stěna	1,35	0,14	0,02	0,16	1	0,22
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							0,22

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
SO1	Obvodová stěna do 126	10,34	0,14	0,02	0,16	0,719	1,19
STR1	Strop	15,63	0,14	0,02	0,16	0,906	2,27
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							3,46
$\theta_u = -3$ $b_u = (20 - (-3)) / (20 - (-12)) =$ 0,719 $\theta_u = -9$ $b_u = (20 - (-9)) / (20 - (-12)) =$ 0,906							

Tepelné ztráty do zeminy							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL1	Podlaha	15,63	0,16	2,501	1,45	0,469	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							1,70
$\theta_{m,e} = 5$ $f_{g2} = (20 - 5) / (20 - (-12)) =$ 0,469 $B = A / (0,5 \cdot Obv) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) =$ 8,34 $U_{podl} = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$							

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Stavební konstrukce					
Č.k.	Popis	A _k	U _k	f _{ij}	A _k *U _{kc} *f _{ij}
SN1	Stěna do ložnice 127	12,72	0,88	-0,063	-0,70
D2	Dveře + okénko do ložnice 127	3,07	1,6	-0,063	-0,31
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou H _{T,ij} =ΣA _k *U _k *f _{ij} (W/K)					-1,01
Ložnice θ _i = 22 f _{ij} =(20-22)/(20-(-12))= -0,063					

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					4,36
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
20	-12	32	4,36	139,68	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	$n(h^{-1})$	$V_{su,i}$ (m ³ /h)	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)
53,66	20	0	15	804,90	0
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)		
0,00	0,00	32,00	0,00		

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 125

$$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

139,68 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
127	Jídelna + herna	22

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Obvodová stěna	27,81	0,14	0,02	0,16	1	4,45
O1	Okno trojsko	9,14	0,71	0	0,71	1	6,49
D1	Dveře vnější	4,19	0,9	0	0,9	1	3,77
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							14,70

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
SO1	Obvodová stěna do 126	10,68	0,14	0,02	0,16	0,735	1,26
STR1	Strop	91,31	0,14	0,02	0,16	0,912	13,32
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							14,58
$\theta_u = -3$ $b_u = (22 - (-3)) / (22 - (-12)) = 0,735$ $\theta_u = -9$ $b_u = (22 - (-9)) / (22 - (-12)) = 0,912$							

Tepelné ztráty do zeminy							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL2	Podlaha	91,31	0,16	14,610	1,45	0,500	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							10,59
$\theta_{m,e} = 5$ $f_{g2} = (22 - 5) / (22 - (-12)) = 0,500$							

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty						
Č.k.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$	
SN2	Stěna do umývárny 130	12,01	1,22	-0,059	-0,86	
D2	Dveře do umývárny 130	1,82	1,6	-0,059	-0,17	
SN2	Stěna do šatny 129	13,03	1,22	0,059	0,94	
D2	Dveře do šatny 129	2,02	1,45	0,059	0,17	
SN2	Stěna do WC učitelé 128	4,90	1,22	0,059	0,35	
SN3	Stěna do WC učitelé 128	3,51	1,38	0,059	0,28	
D2	Dveře do WC učitelé 128	1,62	1,6	0,059	0,15	
SN1	Stěna do jídelna 125	12,72	0,88	0,059	0,66	
D2	Dveře + okénko do jídelny 125	3,07	1,6	0,059	0,29	
SN3	Stěna do chodby 102	3,43	1,38	0,000	0,00	
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)						1,81
Umývárna $\theta_j = 24$ $f_{ij} = (22 - 24) / (22 - (-12)) = -0,059$ Šatna + WC + výdejna + chodba $\theta_j = 20$ $f_{ij} = (22 - 20) / (22 - (-12)) = 0,059$						

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					41,68
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
22	-12	34	41,68	1417,13	

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	Počet osob	V (m ³ /h.os)	$V_{su,i}$ (m ³ /h)
319,59	20	0,059	29	25	725
Počet nechráněných otvorů	n_{50}	e	ε	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)	
4	0,6	0,05	1	19,18	
Výpočet tepelné ztráty větráním					
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_p$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)		
61,822	21,02	34,00	714,67		

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 127

$$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

2131,79 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
128	WC učitelé	20

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	3,13	0,14	0,02	0,16	0,906	0,45
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \Sigma A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							0,45
$\theta_u = -9$		$b_u = (20 - (-9)) / (20 - (-12)) =$		0,906			

Tepelné ztráty do zeminy								
Stavební konstrukce								$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot G_w$
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w	
PDL1	Podlaha	3,13	0,16	0,501	1,45	0,469	1	0,68
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \Sigma(A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)								0,34
$\theta_{m,e} = 5$		$f_{g2} = (20-5)/(20-(-12)) =$			0,469			
		$B = A/(0,5 \cdot Obv) = 757,53/(0,5 \cdot 181,57) =$			8,34		$U_{podl} = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Stavební konstrukce					
Č.k.	Popis	A _k	U _k	f _{ij}	A _k *U _{kc} *f _{ij}
SN2	Stěna do jídelny + herny 127	4,90	1,22	-0,063	-0,37
SN3	Stěna do jídelny + herny 127	3,51	1,38	-0,063	-0,30
D2	Dveře do jídelny + herny 127	1,62	1,1	-0,063	-0,11
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou H _{T,ij} =ΣA _k *U _k *f _{ij} (W/K)					-0,79
Jídelna + herna		θ _i = 22	f _{ij} =(20-22)/(20-(-12))=		-0,063

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ij} + H_{t,ig}$					0,01
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
20	-12	32	0,01	0,21	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	WC + umyv.	V (m ³ /h.ks)	$V_{su,i}$ (m ³ /h)
8,92	20	0	1 + 1	50 + 30	80
počet nechráněných otvorů	n_{50}	e	ε	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)	
0	4,5	0,03	1	0,00	
Výpočet tepelné ztráty větráním					
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)		
0,00	0,00	32,00	0,00		

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 128

$$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

0,21 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
129	Šatna	20

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	9,61	0,14	0,02	0,16	0,906	1,39
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							1,39
$\theta_u = -9$		$b_u = (20 - (-9)) / (20 - (-12)) =$		0,906			

Tepelné ztráty do zeminy							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL1	Podlaha	9,61	0,16	1,538	1,45	0,469	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							1,05
$\theta_{m,e} = 5$		$f_{g2} = (20 - 5) / (20 - (-12)) =$		0,469			
		$B = A / (0,5 \cdot Obv) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) =$		8,34		$U_{podl} = 0,22$ W/(m ² ·K)	

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty						
Stavební konstrukce						
Č.k.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$	
SN2	Stěna do umývárny 130	6,01	1,22	-0,125	-0,92	
SN2	Stěna do ložnice 127	13,03	1,22	-0,063	-0,99	
D3	Dveře do ložnice 127	2,02	1,45	-0,063	-0,18	
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)						-2,09
Umývárna		$\theta_j = 24$	$f_{ij} = (20 - 24) / (20 - (-12)) =$		-0,125	
Ložnice		$\theta_j = 22$	$f_{ij} = (20 - 22) / (20 - (-12)) =$		-0,063	

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ij} + H_{t,ig}$					0,34
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
20	-12	32	0,34	11,04	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	n (h ⁻¹)	$V_{su,i}$ (m ³ /h)	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)
27,39	20	0	15	410,85	0
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)		
0,00	0,00	32,00	0,00		

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 129

$$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

11,04 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{\text{int},i}$ [°C]
130	Umývárna	24

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Obvodová stěna	3,51	0,14	0,02	0,16	1	0,56
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							0,56

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	8,34	0,14	0,02	0,16	0,917	1,22
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							1,22
$\theta_u = -9$		$b_u = (24 - (-9)) / (24 - (-12)) =$		0,917			

Tepelné ztráty do zeminy							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{\text{equiv},k}$	$A_k \cdot U_{\text{equiv},k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL1	Podlaha	8,34	0,16	1,334	1,45	0,528	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{\text{equiv},k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							1,02
$\theta_{m,e} = 5$		$f_{g2} = (24 - 5) / (24 - (-12)) =$		0,528		$U_{\text{podl}} = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	
		$B = A / (0,5 \cdot \text{Obv}) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) =$		8,34			

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Stavební konstrukce					
Č.k.	Popis	A _k	U _k	f _{ij}	A _k *U _{kc} *f _{ij}
SN2	Stěna do jídelna + herny 127	12,01	1,22	0,056	0,81
D2	Dveře do jídelny + herny 127	1,82	1,6	0,056	0,16
SN2	Stěna do šatny 129	6,01	1,22	0,111	0,81
SO2	Stěna do chodby 102	1,82	0,25	0,111	0,05
SO2	Stěna do zádveří 133	5,73	0,25	0,250	0,36
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou H _{T,ij} =ΣA _k *U _k *f _{ij} (W/K)					2,20
Ložnice	θ _j = 22	f _{ij} =(24-22)/(24-(-12))=		0,056	
Šatna+chodba	θ _j = 20	f _{ij} =(24-20)/(24-(-12))=		0,111	
Zádveří	θ _i = 15	f _{ij} =(24-15)/(24-(-12))=		0,250	

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					5,00	
$\theta_{\text{int},i}$	θ_e	$\theta_{\text{int},i} - \theta_e$	$H_{T,i}$		Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
24	-12	36	5,00		180,15	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	Umyvadl	V (m ³ /h.ks)	$V_{su,i}$ (m ³ /h)	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)
23,77	20	0,111	6	30	180	0
Výpočet tepelné ztráty větráním						
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{\text{int},i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)			
20,00	6,80	36	244,80			

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 130

$$\Phi_{\text{celkem}} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

424,95 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{\text{int},i}$ [°C]
131	WC	24

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Obvodová stěna	21,29	0,14	0,02	0,16	1	3,41
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							3,41

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	10,58	0,14	0,02	0,16	0,917	1,55
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							1,55

$$\theta_u = -9 \quad b_u = (24 - (-9)) / (24 - (-12)) = 0,917$$

Tepelné ztráty do zeminy							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{\text{equiv},k}$	$A_k \cdot U_{\text{equiv},k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL1	Podlaha	10,58	0,16	1,693	1,45	0,528	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{\text{equiv},k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							1,30

$$\theta_{m,e} = 5 \quad f_{g2} = (24 - 5) / (24 - (-12)) = 0,528$$

$$B = A / (0,5 \cdot \text{Obv}) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) = 8,34 \quad U_{\text{podl}} = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Stavební konstrukce					
Č.k.	Popis	A _k	U _k	f _{ij}	A _k *U _{kc} *f _{ij}
SN2	Stěna do ložnice 132	15,87	1,22	0,056	1,08
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou H _{T,ij} =ΣA _k *U _k *f _{ij} (W/K)					1,08

$$\text{Ložnice} \quad \theta_j = 22 \quad f_{ij} = (24 - 22) / (24 - (-12)) = 0,056$$

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ij} + H_{t,ig}$					7,33
$\theta_{\text{int},i}$	θ_e	$\theta_{\text{int},i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
24	-12	36	7,33	263,85	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	WC (ks)	V (m ³ /h.ks)	$V_{su,i}$ (m ³ /h)	$V_{\text{inf},i}$ (m ³ /h)
30,15	20	0,111	6	50	120	0
Výpočet tepelné ztráty větráním			přívod 180 m ³ /h z místnosti 104			
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{\text{int},i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)			
13,33	4,53	36	163,20			

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 131

$$\Phi_{\text{celkem}} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

427,05 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
132	Ložnice	22

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Obvodová stěna	47,27	0,14	0,02	0,16	1	7,56
O1	Okno trojsko	4,06	0,71	0	0,71	1	2,88
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							10,45

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	49,33	0,14	0,02	0,16	0,912	7,20
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							7,20
$\theta_u = -9$ $b_u = (22 - (-9)) / (22 - (-12)) =$ 0,912							

Tepelné ztráty do zeminy							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL2	Podlaha	49,33	0,16	7,893	1,45	0,500	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							5,72
$\theta_{m,e} = 5$ $f_{g2} = (22 - 5) / (22 - (-12)) =$ 0,500 $B = A / (0,5 \cdot Obv) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) =$ 8,34 $U_{podl} = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$							

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Stavební konstrukce					
Č.k.	Popis	A _k	U _k	f _{ij}	A _k *U _k *f _{ij}
SN2	Stěna do WC 131	15,87	1,22	-0,059	-1,14
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou H _{T,ij} =ΣA _k *U _k *f _{ij} (W/K)					-1,14
WC	θ= 24	f _{ij} =(22-24)/(22-(-12))=		-0,059	

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ij} + H_{t,ig}$					22,23
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
22	-12	34	22,23	755,67	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	Počet osob	V (m ³ /h.os)	$V_{su,i}$ (m ³ /h)
172,66	20	0,059	29	25	725
Počet nechráněných otvorů	n_{50}	e	ε	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)	
1	0,6	0,03	1	6,22	
Výpočet tepelné ztráty větráním					
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)		
48,86	16,61	34,00	564,85		

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 132

$$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

1320,52 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
133	Zádveří	15

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Obvodová stěna	4,54	0,14	0,02	0,16	1	0,73
O1	Okno trojsko	1,96	0,71	0	0,71	1	1,39
D1	Dveře vnější	3,33	0,9	0	0,9	1	3,00
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							5,12

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	2,97	0,14	0,02	0,16	0,889	0,42
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							0,42
$\theta_u = -9$		$b_u = (15 - (-9)) / (20 - (-12)) =$		0,889			

Tepelné ztráty do zeminy							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL1	Podlaha	2,97	0,16	0,475	1,45	0,370	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							0,26
$\theta_{m,e} = 5$		$f_{g2} = (15 - 5) / (15 - (-12)) =$		0,370			
		$B = A / (0,5 \cdot Obv) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) =$		8,34		$U_{podl} = 0,22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$		
D4	Dveře do chodby 102		1,82	1,38	-0,185		
SO2	Obvodová stěna do umývárny 130		5,73	0,25	-0,333		
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$ (W/K)							-0,94
Chodba	$\theta_j = 20$	$f_{ij} = (15 - 20) / (15 - (-12)) =$		-0,185			
Umývárna	$\theta_j = 24$	$f_{ij} = (15 - 24) / (15 - (-12)) =$		-0,333			

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ij} + H_{t,ig}$					4,85		
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$		Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)		
15	-12	27	4,85		131,03		

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$		
8,46	20	-0,185		
počet nechráněných otvorů	n_{50}	e	ϵ	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)
2	0,6	0,05	1	0,51
Výpočet tepelné ztráty větráním				
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)	
0,51	0,17	27,00	4,66	

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost č. 133

$$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

135,69 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{\text{int},i}$ [°C]
134	Sborovna	20

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Obvodová stěna	14,19	0,14	0,02	0,16	1	2,27
O1	Okno trojsko	1,96	0,71	0	0,71	1	1,39
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							3,66

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	7,55	0,14	0,02	0,16	0,906	1,09
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							1,09
$\theta_u = -9$ $b_u = (20 - (-9)) / (20 - (-12)) =$ 0,906							

Tepelné ztráty do zeminy							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{\text{equiv},k}$	$A_k \cdot U_{\text{equiv},k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL1	Podlaha	7,55	0,16	1,208	1,45	0,469	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{\text{equiv},k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							0,82
$\theta_{m,e} = 5$ $f_{g2} = (20 - 5) / (20 - (-12)) =$ 0,469 $B = A / (0,5 \cdot \text{Obv}) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) =$ 8,34 $U_{\text{podl}} = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$							

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Stavební konstrukce					
Č.k.	Popis	A _k	U _k	f _{ij}	A _k *U _{kc} *f _{ij}
SN3	Stěna do skladu 136	4,52	1,38	0,156	0,97
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou H _{T,ij} =ΣA _k *U _k *f _{ij} (W/K)					0,97
Sklad	θ= 15	f _{ij} =(20-15)/(20-(-12))=		0,156	

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					6,55
$\theta_{\text{int},i}$	θ_e	$\theta_{\text{int},i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
20	-12	32	6,55	209,66	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	Počet osob	V (m ³ /h.os)	$V_{su,i}$ (m ³ /h)
21,51	20	0	29	25	725
Počet nechráněných otvorů	n_{50}	e	ϵ	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)	
1	0,6	0,03	1	0,77	
Výpočet tepelné ztráty větráním					
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)		
0,77	0,26	32,00	8,43		

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 134

$$\Phi_{\text{celkem}} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

218,08 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
135	WC zaměstnanci	20

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Obvodová stěna	4,08	0,14	0,02	0,16	1	0,65
O1	Okno trojsko	0,48	0,71	0	0,71	1	0,34
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							0,99

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	2,91	0,14	0,02	0,16	0,906	0,42
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							0,42
$\theta_u = -9$ $b_u = (20 - (-9)) / (20 - (-12)) =$ 0,906							

Tepelné ztráty do zeminy							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL1	Podlaha	2,91	0,16	0,466	1,45	0,469	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							0,32
$\theta_{m,e} = 5$ $f_{g2} = (20 - 5) / (20 - (-12)) =$ 0,469 $B = A / (0,5 \cdot Obv) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) =$ 8,34 $U_{podl} = 0,22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$							

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Stavební konstrukce					
Č.k.	Popis	A _k	U _k	f _{ij}	A _k *U _{kc} *f _{ij}
SN2	Stěna do technické místnosti 137	5,19	1,22	0,156	0,99
SN3	Stěna do skladu 136	4,56	1,38	0,156	0,98
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou H _{T,ij} =ΣA _k *U _k *f _{ij} (W/K)					1,97
Sklad	θ= 15	f _{ij} =(20-15)/(20-(-12))=		0,156	

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ij} + H_{t,ig}$					3,70
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
20	-12	32	3,70	118,53	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	WC (ks)	V (m ³ /h.ks)	$V_{su,i}$ (m ³ /h)
8,29	20	0	1	50	50
počet nechráněných otvorů	n_{50}	e	ε	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)	
1	0,6	0,03	1	0,30	
Výpočet tepelné ztráty větráním					
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)		
0,30	0,10	32,00	3,25		

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 135

$$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

121,78 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
136	Sklad čistého prádla	15

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	2,54	0,14	0,02	0,16	0,889	0,36
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							0,36
$\theta_u = -9$		$b_u = (15 - (-9)) / (15 - (-12)) =$		0,889			

Tepelné ztráty do zeminy								
Stavební konstrukce								$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot G_w$
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w	
PDL1	Podlaha	2,54	0,16	0,406	1,45	0,370	1	0,54
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \Sigma(A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)								0,22
$\theta_{m,e} = 5$		$f_{g2} = (15-5)/(15-(-12)) =$			0,370			
		$B = A/(0,5 \cdot Obv) = 757,53/(0,5 \cdot 181,57) =$			8,34		$U_{podl} = 0,22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty						
Stavební konstrukce						
Č.k.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$	
SN2	Stěna do technické místnosti 137	4,52	1,22	-0,185	-1,02	
SN3	Stěna do sborovny 134	4,52	1,38	-0,185	-1,16	
SN3	Stěna do WC zaměstnanci 135	4,56	1,38	-0,185	-1,17	
SN3	Stěna do chodby 102	2,94	1,38	-0,185	-0,75	
D2	Dveře do chodby 102	1,62	1,1	-0,185	-0,33	
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ (W/K)						-4,42
Sborovna + WC + tech. m. + chodba		$\theta_j = 20$	$f_{ij} = (15 - 20) / (15 - (-12)) =$		-0,185	

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ij} + H_{t,ig}$					-3,84
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
15	-12	27	-3,84	-103,78	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$		
7,24	20	-0,185		
počet nechráněných otvorů	n_{50}	e	ε	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)
0	4,5	0,03	1	0,00
Výpočet tepelné ztráty větráním				
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)	
0,00	0,00	27,00	0,00	

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 136

$$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

-103,78 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{\text{int},i}$ [°C]
137	Technická místnost	15

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Obvodová stěna	15,94	0,14	0,02	0,16	1	2,55
O1	Okno trojsko	1,96	0,71	0	0,71	1	1,39
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							3,94

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	17,55	0,14	0,02	0,16	0,889	2,50
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							2,50
$\theta_u = -9$ $b_u = (15 - (-9)) / (20 - (-12)) =$ 0,889							

Tepelné ztráty do zeminy							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{\text{equiv},k}$	$A_k \cdot U_{\text{equiv},k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL1	Podlaha	17,55	0,16	2,808	1,45	0,370	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{\text{equiv},k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							1,51
$\theta_{m,e} = 5$ $f_{g2} = (15 - 5) / (15 - (-12)) =$ 0,370 $B = A / (0,5 \cdot \text{Obv}) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) =$ 8,34 $U_{\text{podl}} = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$							

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty						
Stavební konstrukce						
Č.k.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$	
SO2	Obvodová stěna do ředitelny 138	5,30	0,25	-0,185	-0,25	
SN2	Stěna do chodby 102	10,87	1,22	-0,185	-2,46	
D5	Dveře do chodby 102	3,33	0,9	-0,185	-0,56	
SN2	Stěna do WC zaměstnanci 135	5,27	1,22	-0,185	-1,19	
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$ (W/K)						-4,45
Chodba + WC zaměstnanci + umývárna $\theta_j = 20$ $f_{ij} = (15 - 20) / (15 - (-12)) =$ -0,185						

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$				3,50
$\theta_{\text{int},i}$	θ_e	$\theta_{\text{int},i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)
15	-12	27	3,50	94,41

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_e	$\theta_{\text{int},i}$		
50,02	-12	15		
počet nechráněných otvorů	n_{50}	e	ε	$V_{\text{inf},i}$ (m ³ /h)
1	0,6	0,03	1	1,80
Výpočet tepelné ztráty větráním				
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{\text{int},i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)	
1,80	0,61	27,00	16,53	

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 137

$$\Phi_{\text{celkem}} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

110,94 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{\text{int},i}$ [°C]
138	Ředitelna	20

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Obvodová stěna	8,19	0,14	0,02	0,16	1	1,31
O1	Okno trojsko	3,92	0,71	0	0,71	1	2,78
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							4,09

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	7,84	0,14	0,02	0,16	0,906	1,14
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							1,14
$\theta_u = -9$ $b_u = (20 - (-9)) / (20 - (-12)) =$ 0,906							

Tepelné ztráty do zeminy							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{\text{equiv},k}$	$A_k \cdot U_{\text{equiv},k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL1	Podlaha	7,84	0,16	1,254	1,45	0,469	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{\text{equiv},k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							0,85
$\theta_{m,e} = 5$ $f_{g2} = (20 - 5) / (20 - (-12)) =$ 0,469 $B = A / (0,5 \cdot \text{Obv}) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) =$ 8,34 $U_{\text{podl}} = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$							

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Stavební konstrukce					
Č.k.	Popis	A _k	U _k	f _{ij}	A _k *U _{KC} *f _{ij}
SO2	Stěna do technické místnosti 137	6,34	0,25	0,156	0,25
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou H _{T,ij} =ΣA _k *U _k *f _{ij} (W/K)					0,25
Sklad	θ _i = 15	f _{ij} =(20-15)/(20-(-12))=		0,156	

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$				6,33
$\theta_{\text{int},i}$	θ_e	$\theta_{\text{int},i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)
20	-12	32	6,33	202,60

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	Počet osob	V (m ³ /h.ks)	$V_{su,i}$ (m ³ /h)
22,34	20	0	1	50	50
počet nechráněných otvorů	n_{50}	e	ε	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)	
1	0,6	0,03	1	0,80	
Výpočet tepelné ztráty větráním					
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)		
0,80	0,27	32,00	8,75		

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 138

$$\Phi_{\text{celkem}} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

211,35 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
139	Strojovna vzduchotechniky	15

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Obvodová stěna	18,37	0,14	0,02	0,16	1	2,94
O1	Okno trojsko	1,96	0,71	0	0,71	1	1,39
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							4,33

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	20,56	0,14	0,02	0,16	0,889	2,92
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							2,92
$\theta_u = -9$ $b_u = (15 - (-9)) / (20 - (-12)) =$ 0,889							

Tepelné ztráty do zeminy							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL1	Podlaha	20,56	0,16	3,290	1,45	0,370	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							1,77
$\theta_{m,e} = 5$ $F_{g2} = (15 - 5) / (15 - (-12)) =$ 0,370 $B = A / (0,5 \cdot Obv) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) =$ 8,34 $U_{podl} = 0,22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$							

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty						
Stavební konstrukce						
Č.k.	Popis	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$	
SO2	Obvodová stěna do chodby 102	5,30	0,25	-0,185	-0,25	
SN2	Stěna do chodby 102	13,31	1,22	-0,185	-3,01	
D5	Dveře do chodby 102	3,33	0,9	-0,185	-0,56	
SN2	Stěna do WC invalidů 140	6,27	1,22	-0,185	-1,42	
SN2	Stěna do umývárny veřejnosti 143	3,42	1,22	-0,185	-0,77	
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou $H_{T,ij} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot f_{ij}$ (W/K)						-6,00
Chodba + WC invalidé + umývárna v. $\theta_j = 20$ $f_{ij} = (15 - 20) / (15 - (-12)) =$ -0,185						

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					3,02
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
15	-12	27	3,02	81,67	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_e	$\theta_{int,i}$		
58,6	-12	0		
počet nechráněných otvorů	n_{50}	e	ε	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)
1	0,6	0,03	1	2,11
Výpočet tepelné ztráty větráním				
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)	
2,11	0,72	27,00	19,37	

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 139

$$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

101,04 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{\text{int},i}$ [°C]
140	WC invalidé	20

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Obvodová stěna	6,00	0,14	0,02	0,16	1	0,96
O1	Okno trojsko	0,48	0,71	0	0,71	1	0,34
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							1,30

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	5,00	0,14	0,02	0,16	0,906	0,73
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							0,73
$\theta_u = -9$ $b_u = (20 - (-9)) / (20 - (-12)) =$ 0,906							

Tepelné ztráty do zeminy							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{\text{equiv},k}$	$A_k \cdot U_{\text{equiv},k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL1	Podlaha	5,00	0,16	0,800	1,45	0,469	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{\text{equiv},k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							0,54
$\theta_{m,e} = 5$ $f_{g2} = (20 - 5) / (20 - (-12)) =$ 0,469 $B = A / (0,5 \cdot \text{Obv}) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) =$ 8,34 $U_{\text{podl}} = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$							

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Stavební konstrukce					
Č.k.	Popis	A _k	U _k	f _{ij}	A _k *U _{kc} *f _{ij}
SN2	Stěna do strojovny VZT 139	6,27	1,22	0,156	1,20
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou H _{T,ij} =ΣA _k *U _k *f _{ij} (W/K)					1,20
Strojovna VZT θ _i = 15 f _{ij} =(20-15)/(20-(-12))= 0,156					

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i}=H_{t,ie}+H_{t,iue}+H_{t,ij}+H_{t,ig}$					3,77	
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i}-\theta_e$	$H_{T,i}$		Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
20	-12	32	3,77		120,49	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	WC + umyv.	V (m ³ /h.ks)	$V_{su,i}$ (m ³ /h)
14,25	20	0	1 + 1	50 + 30	80
počet nechráněných otvorů	n_{50}	e	ε	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)	
1	0,6	0,03	1	0,51	
Výpočet tepelné ztráty větráním					
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{v,i}$ (W)		
0,51	0,17	32,00	5,58		

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 140

$$\Phi_{\text{celkem}} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

126,07 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{\text{int},i}$ [°C]
141	WC veřejnost	20

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Obvodová stěna	2,37	0,14	0,02	0,16	1	0,38
O1	Okno trojsko	0,48	0,71	0	0,71	1	0,34
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							0,72

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	1,60	0,14	0,02	0,16	0,906	0,23
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							0,23
$\theta_u = -9$ $b_u = (20 - (-9)) / (20 - (-12)) =$ 0,906							

Tepelné ztráty do zeminy								
Stavební konstrukce								
Č.k.	Popis	A_k	$U_{\text{equiv},k}$	$A_k \cdot U_{\text{equiv},k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot A_k \cdot U_{\text{equiv},k} \cdot G_w$
PDL1	Podlaha	1,60	0,16	0,256	1,45	0,469	1	0,68
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{\text{equiv},k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)								0,17
$\theta_{m,e} = 5$ $f_{g2} = (20 - 5) / (20 - (-12)) =$ 0,469 $B = A / (0,5 \cdot \text{Obv}) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) =$ 8,34 $U_{\text{podl}} = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$								

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{t,ie} + H_{t,iue} + H_{t,ij} + H_{t,ig}$					1,13
$\theta_{\text{int},i}$	θ_e	$\theta_{\text{int},i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
20	-12	32	1,13	36,03	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	WC (ks)	V (m ³ /h.ks)	$V_{su,i}$ (m ³ /h)
4,56	20	0	1	50	50
počet nechráněných otvorů	n_{50}	e	ε	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)	
1	0,6	0,03	1	0,16	
Výpočet tepelné ztráty větráním					
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)		
0,16	0,06	32,00	1,79		

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 141

$$\Phi_{\text{celkem}} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

37,82 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
142	WC veřejnost	20

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Obvodová stěna	6,93	0,14	0,02	0,16	1	1,11
O1	Okno trojsko	0,48	0,71	0	0,71	1	0,34
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							1,45

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	1,60	0,14	0,02	0,16	0,906	0,23
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							0,23
$\theta_u = -9$		$b_u = (20 - (-9)) / (20 - (-12)) =$		0,906			

Tepelné ztráty do zeminy							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL1	Podlaha	1,60	0,16	0,256	1,45	0,469	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{equiv,k} \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w)$ (W/K)							0,17
$\theta_{m,e} = 5$		$f_{g2} = (20 - 5) / (20 - (-12)) =$		0,469			
		$B = A / (0,5 \cdot Obv) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) =$		8,34		$U_{podl} = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					1,86
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
20	-12	32	1,86	59,38	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	WC (ks)	V (m ³ /h.ks)	$V_{su,i}$ (m ³ /h)
4,56	20	0	1	50	50
počet nechráněných otvorů	n_{50}	e	ε	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)	
1	0,6	0,03	1	0,16	
Výpočet tepelné ztráty větráním					
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)		
0,16	0,06	32,00	1,79		

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 142

$$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$$

61,17 W

Označení místnosti	Název místnosti	Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ [°C]
143	Umývárna veřejnost	20

Výpočet tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	e_k	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
SO1	Obvodová stěna	4,11	0,14	0,02	0,16	1	0,66
O1	Okno trojsko	0,48	0,71	0	0,71	1	0,34
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí $H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$ (W/K)							1,00

Tepelné ztráty nevytápěným prostorem							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	U_k	ΔU	U_{kc}	b_u	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
STR1	Strop	6,70	0,14	0,02	0,16	0,906	0,97
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor $H_{T,iue} = \sum A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$ (W/K)							0,97
$\theta_u = -9$ $b_u = (20 - (-9)) / (20 - (-12)) =$ 0,906							

Tepelné ztráty do zeminy							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	A_k	$U_{equiv,k}$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$	f_{g1}	f_{g2}	G_w
PDL1	Podlaha	6,70	0,16	1,072	1,45	0,469	1
Celková měrná tepelná ztráta zeminou $H_{T,ig} = \sum (A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ (W/K)							0,73
$\theta_{m,e} = 5$ $f_{g2} = (20 - 5) / (20 - (-12)) =$ 0,469 $B = A / (0,5 \cdot Obv) = 757,53 / (0,5 \cdot 181,57) =$ 8,34 $U_{podl} = 0,22 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$							

Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Stavební konstrukce					
Č.k.	Popis	A _k	U _k	f _{ij}	A _k *U _{kc} *f _{ij}
SN2	Stěna do strojovny VZT 139	3,42	1,22	0,156	0,65
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostor s odl. teplotou H _{T,ij} =ΣA _k *U _k *f _{ij} (W/K)					0,65
Strojovna VZT		θ _i = 15	f _{ij} =(20-15)/(20-(-12))=		0,156

Celková měrná tepelná ztráta prostupem $H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ij} + H_{T,ig}$					3,35
$\theta_{int,i}$	θ_e	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$H_{T,i}$	Návrhová ztráta prostupem tepla $\Phi_{T,i}$ (W)	
20	-12	32	3,35	107,21	

Výpočet tepelné ztráty větráním

Objem místnosti V_m (m ³)	θ_{su}	$f_{v,i}$	Umyvadl	V (m ³ /h.ks)	$V_{su,i}$ (m ³ /h)
19,1	20	0	1	30	30
počet nechráněných otvorů	n_{50}	e	ε	$V_{inf,i}$ (m ³ /h)	
1	0,6	0,03	1	0,69	
Výpočet tepelné ztráty větráním					
V_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$	$\theta_{int,i} - \theta_e$	Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ (W)		
0,69	0,23	32,00	7,48		

Celkový návrhový tepelný výkon pro místnost 143

$\Phi_{celkem} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} =$

114,69 W



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

PŘÍLOHA Č. 2

PODROBNÝ VÝPOČET A NÁVRH OTOPNÝCH TĚLES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Karolína Železná

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARCELA POČINKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2019

Č. M.	ZTRÁTY [W]			OTOPNÁ TĚLESA										PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ					VÝKON
	PROSTUPEM	VĚTRÁNÍM	CELKEM	TYP	h/L [mm]	Q _t [W]	z ₁	z ₂	z ₃	Q _{t,skat} [W]	L [m]	q _A [W/m ²]	S [m ²]	l [m]	Q _p [W]	Q _{celkem} [W]			
101	131,03	4,66	135,69	RADIK PLAN 21 VKM	400/700	-	175	0,9	1	1	158	-	-	-	-	0	158		
102	1477,00	160,73	1637,73	-	-	-	-	-	-	-	0	0,3	63,4	28,8	125,4	1827	1827		
104	180,15	244,80	424,95	KORALUX LINEAR	1495/750	276	1,0	1	1	276	0,1	42,25	5,55	55,5	234	510	510		
105	263,85	163,20	427,05	MAX - M (KLMM)	1495/750	276	1,0	1	1	276	0,1	42,25	5,83	58,3	246	522	522		
106	755,67	564,85	1320,52	-	-	-	-	-	-	-	0	0,3	52,59	26,28	87,6	1382	1382		
107	1435,73	714,67	2150,40	-	-	-	-	-	-	-	0	0,2	53,41	41,95	209,8	2241	2241		
113	343,02	35,89	378,91	RADIK PLAN 21 VKM	900/700	195	1,0	1	0,95	185	-	-	-	-	-	0	380		
117	1455,58	714,67	2170,25	-	-	-	-	-	-	-	0	0,2	53,41	41,95	209,8	2241	2241		
120	191,37	244,80	436,17	KORALUX LINEAR	1495/750	276	1,0	1	1	276	0,1	42,25	5,55	55,5	234	510	510		
121	224,21	163,20	387,41	MAX - M (KLMM)	1495/750	276	1,0	1	1	276	0,1	42,25	5,83	58,3	246	522	522		
122	790,18	564,85	1355,03	-	-	-	-	-	-	-	0	0,3	52,59	26,28	87,6	1382	1382		
125	137,91	0,00	137,91	RADIK PLAN 21 VKM	700/600	143	1,0	1	1	143	-	-	-	-	-	0	143		
127	1417,13	714,67	2131,80	-	-	-	-	-	-	-	0	0,2	53,41	41,93	209,7	2239	2239		
130	180,15	244,80	424,95	KORALUX LINEAR	1495/750	276	1,0	1	1	276	0,1	42,25	5,55	55,5	234	510	510		
131	263,85	163,20	427,05	MAX - M (KLMM)	1495/750	276	1,0	1	1	276	0,1	42,25	5,83	58,3	246	522	522		
132	755,67	564,85	1320,52	-	-	-	-	-	-	-	0	0,3	52,59	26,28	87,6	1382	1382		
133	131,03	4,66	135,69	RADIK PLAN 21 VKM	400/700	175	0,9	1	1	158	-	-	-	-	-	0	158		
134	209,66	8,43	218,09	RADIK PLAN 21 VKM	500/1200	230	1,0	1	1	230	-	-	-	-	-	0	230		
135	118,53	3,25	121,78	RADIK PLAN 21 VKM	700/600	143	1,0	1	1	143	-	-	-	-	-	0	143		
138	202,60	8,75	211,35	-	-	-	-	-	-	-	0	0,3	63,4	4,46	14,87	283	283		
140	120,49	5,58	126,07	RADIK PLAN 21 VKM	700/600	143	1,0	1	1	143	-	-	-	-	-	0	143		
143	107,21	7,48	114,69	RADIK PLAN 21 VKM	700/600	143	1,0	1	1	143	-	-	-	-	-	0	143		



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

PŘÍLOHA Č. 3

DIMENZOVÁNÍ A HYDRAULICKÉ SEŘÍZENÍ ROZVODŮ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Karolína Železná

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MARCELA POČINKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2019

DIMENZOVÁNÍ PRVNÍ ČÁSTI OBJEKTU

Č.M.	NÁZEV MÍSTNOSTI	OZN.	Q [W]	M [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m]	l [m]	R.l [Pa]	Z [Pa]	Δp _{sdč} [Pa]	R.l+Z+ Δp _{sdč} [Pa]	STUPĚŇ NASTAVENÍ
101	ZÁDVEŘÍ	1C	175	18,81	0,03							279 R (7) → TRV (4)
102	CHODBA	2	727	78,16	0,19	49,9	51,8	2586	259	100	2945	1554 R (8)
104	UMÝVÁRNA	1E	276	29,66	0,05							299 R (7) → MS (7)
		3	234	51,68	0,13	21,4	155,2	3321	332	100	3753	746 R (7)
		3	246									
105	WC	1D	276	29,66	0,05							250 R (7) → MS (8)
106	LOŽNICE	4	668	71,79	0,18	43,1	69,9	3013	301	100	3414	1086 R (8)
		5	714	76,76	0,19	49,9	72,5	3618	362	520	4500	0 R (11)
		6	683	73,42	0,18	43,1	73,1	3148	315	100	3563	936 R (9)
107	JÍDELNA + HERNA	7	666	71,58	0,18	43,1	65,6	2828	283	100	3211	1289 R (8)
		8	689	74,05	0,18	43,1	64,5	2780	278	100	3158	1342 R (8)
140	WC INVALIDÉ	1A	143	15,37	0,03							232 R (7) → TRV (3)
143	UMÝVÁRNA VEŘEJNOST	1B	143	15,37	0,03							238 R (7) → TRV (3)
			5641	606,32			552,6					

ÚSEK (OT)	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN [Dxt]	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	NASTAVENÍ	Δp _{pv} [Pa]	R.l+Z+Δp _{pv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
1 ₁ (1A)	143	15,37	8,22	20x2,8	3,40	0,03	27,95	18,8	8	TRV (3)	232	268	268
2 ₁ (1B)	286	30,74	5,56	20x2,8	5,70	0,05	31,69	12,3	15		0	47	315
3 ₁ (1C)	461	49,55	6,36	20x2,8	10,30	0,09	65,51	4,5	18		0	84	399
4 ₁ (1D,1E)	1013	108,88	15,56	20x2,8	47,40	0,19	737,54	10,2	184	R (7)	3180	4102	4500
bez TRV													
OTOPNÉ TĚLESO	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN [Dxt]	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	NASTAVENÍ	Δp _{pv} [Pa]	R.l+Z+Δp _{pv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
1B	143	15,37	6,60	20x2,8	3,40	0,03	22,44	16,2	7	TRV (3)	238	268	268
1C	175	18,81	8,02	20x2,8	3,40	0,03	27,27	18,8	8	TRV (4)	279	315	315
ÚSEK (OT)	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN [Dxt]	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	NASTAVENÍ	Δp _{pv} [Pa]	R.l+Z+Δp _{pv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
3a ₁ (1D)	276	29,66	11,1	20x2,8	5,7	0,05	63,04	13,6	17	MS (8)	250	330	330
3b ₁ (1E)	552	59,33	5,7	20x2,8	11,4	0,10	64,98	0,9	5		0	69	399
OTOPNÉ TĚLESO	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN [Dxt]	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	Σξ [-]	Z [Pa]	NASTAVENÍ	Δp _{pv} [Pa]	R.l+Z+Δp _{pv} [Pa]	Δp _{dis} [Pa]
1E	276	29,66	1,86	20x2,8	5,70	0,05	10,60	16,2	20	MS (7)	299	330	330

DIMENZOVÁNÍ DRUHÉ ČÁSTI OBJEKTU

Č.M.	NÁZEV MÍSTNOSTI	OZN.	Q [W]	M [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m]	l [m]	R.l [Pa]	Z [Pa]	Δp_{bet} [Pa]	R.l+Z+ Δp_{bet} [Pa]	Δp_{at} [Pa]	STUPEŇ NASTAVENÍ
102	CHODBA	10	372	70,39	0,17	36,9	73,58	2715,10	271,51	100,00	3087	1413 R (8)	
138	ŘEDITELNA	10	283										
120	UMÝVÁRNA	9B	276	29,66	0,05							967 R (7) → MS (5)	
		11	234	51,68	0,13	21,4	155,2	3321	332	100	3753	746 R (7)	
		11	246										
121	WC	9A	276	29,66	0,05							906 R (7) → MS (5)	
		12	668	71,79	0,18	43,1	69,9	3013	301	100	3414	1086 R (8)	
122	LOŽNICE	13	714	76,76	0,19	49,9	72,5	3618	362	520	4500	0 R (11)	
		14	683	73,42	0,18	43,1	73,1	3148	315	100	3563	936 R (9)	
117	JÍDELNA + HERNA	15	666	71,58	0,18	43,1	65,6	2828	283	100	3211	1289 R (8)	
		16	689	74,05	0,18	43,1	64,5	2780	278	100	3158	1342 R (8)	
		9C	195	20,96	0,04							1210 R (7) → TRV (2)	
113	VÝDEJNA JÍDEL	9D	185	19,91	0,03							1230 R (7) → TRV (2)	
			5488	589,87			574,3						

ÚSEK (OT)	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN [Dx]	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	$\sum \xi$ [-]	Z [Pa]	NASTAVENÍ	Δp_{gv} [Pa]	R.l+Z+ Δp_{gv} [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
1 ₂ (9A)	276	29,66	12,4	20x2,8	5,7	0,05	71	16,2	20	MS (5)	906	997	997
2 ₂ (9B)	552	59,33	19,6	20x2,8	11,4	0,1	223	4,8	24		0	247	1244
3 ₂ (9C, 9D)	932	100,20	4,8	20x2,8	35,0	0,17	167	13,8	199	R (7)	2890	3257	4500
										bez MS			
OTOPNÉ TĚLESO	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN [Dx]	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	$\sum \xi$ [-]	Z [Pa]	NASTAVENÍ	Δp_{gv} [Pa]	R.l+Z+ Δp_{gv} [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
9B	276	29,66	2,2	20x2,8	5,7	0,05	12	13,6	17	MS (5)	967	997	997
ÚSEK (OT)	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN [Dx]	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	$\sum \xi$ [-]	Z [Pa]	NASTAVENÍ	Δp_{gv} [Pa]	R.l+Z+ Δp_{gv} [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
2a ₂ (9C)	195	20,96	4,2	20x2,8	4,6	0,04	19	18,8	15	TRV (2)	1210	1244	1244
2b ₂ (9D)	380	40,87	8,7	20x2,8	8,0	0,07	70	7,1	17		0	87	1331
OTOPNÉ TĚLESO	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN [Dx]	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	$\sum \xi$ [-]	Z [Pa]	NASTAVENÍ	Δp_{gv} [Pa]	R.l+Z+ Δp_{gv} [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
9D	185	19,91	1,9	20x2,8	3,4	0,03	6	16,2	7	TRV (2)	1230	1244	1244

DIMENZOVÁNÍ TŘETÍ ČÁSTI OBJEKTU

Č.M.	NÁZEV MÍSTNOSTI	OZN.	Q [W]	M [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m]	l [m]	R.l [Pa]	Z [Pa]	Δp_{objekt} [Pa]	R.l+Z+ Δp_{objekt} [Pa]	Δp_{dif} [Pa]	STUPĚŇ NASTAVENÍ
102	CHODBA	18	727	78,16	0,19	49,9	51,6	2577	258	100	2934	1521 R (8)	
130	UMÝVÁRNA	17E	276	29,66	0,05							545 R (8) → MS (6)	
		19	234	51,68	0,13	21,4	154,4	3304	330	100	3735	721 R (7)	
		19	246										
131	WC	17D	276	29,66	0,05							492 R (8) → MS (7)	
132	LOŽNICE	20	668	71,79	0,18	43,1	69,1	2978	298	100	3376	1080 R (8)	
		21	714	76,76	0,19	49,9	71,7	3578	358	520	4456	0 R (11)	
		22	683	73,42	0,18	43,1	72,3	3114	311	100	3525	930 R (9)	
		23	666	71,58	0,18	43,1	64,8	2793	279	100	3173	1283 R (8)	
127	JÍDELNA + HERNA	24	689	74,05	0,18	43,1	64,5	2780	278	100	3158	1298 R (8)	
133	ZÁDVEŘÍ	17C	175	18,81	0,03							514 R (8) → TRV (3)	
134	SBOROVNA	17B	230	24,72	0,04							282 R (8) → TRV (5)	
135	WC ZAMĚŠTNANCI	17A	143	15,37	0,03							277 R (8) → TRV (3)	
			5728	615,67			548,4						
ÚSEK (OT)	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN [Dxt]	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	$\sum \xi [-]$	Z [Pa]	NASTAVENÍ	Δp_{KV} [Pa]	R.l+Z+ Δp_{KV} [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
1 ₃ (17A)	143	15,37	5,58	20x2,8	3,40	0,03	18,97	18,8	8	TRV (3)	277	304	304
2 ₃ (17B)	373	40,09	27,74	20x2,8	8,00	0,07	221,92	10	25		0	246	550
3 ₃ (17C)	548	58,90	6,36	20x2,8	11,40	0,10	72,50	4,5	23		0	95	645
4 ₃ (17D,17E)	1100	118,23	17,60	20x2,8	54,60	0,20	960,96	3,5	70	R (8)	2780	3811	4456
bez TRV													
OTOPNÉ TĚLESO	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN [Dxt]	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	$\sum \xi [-]$	Z [Pa]	NASTAVENÍ	Δp_{KV} [Pa]	R.l+Z+ Δp_{KV} [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
17B	230	24,72	1,88	20x2,8	4,60	0,04	8,65	16,2	13	TRV (5)	282	304	304
17C	175	18,81	8,18	20x2,8	3,40	0,03	27,81	18,8	8	TRV (3)	514	550	550
ÚSEK (OT)	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN [Dxt]	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	$\sum \xi [-]$	Z [Pa]	NASTAVENÍ	Δp_{KV} [Pa]	R.l+Z+ Δp_{KV} [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
3a ₃ (17D)	276	29,66	11,1	20x2,8	5,70	0,05	63,04	16,2	20	MS (7)	492	576	576
3b ₃ (17E)	552	59,33	5,7	20x2,8	11,40	0,10	64,98	0,9	5		0	69	645
OTOPNÉ TĚLESO	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN [Dxt]	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	$\sum \xi [-]$	Z [Pa]	NASTAVENÍ	Δp_{KV} [Pa]	R.l+Z+ Δp_{KV} [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
17E	276	29,66	1,86	20x2,8	5,70	0,05	10,60	16,2	20	MS (6)	545	576	576

DIMENZOVÁNÍ PÁTEŘNÍCH ROZVODŮ

NÁZEV OKRUHU	OZN. VYVAŽOVACÍHO VENTILU	Q [W]	M [kg/h]	w [m/s]	R [Pa/m]	l [m]	R.l [Pa]	$\sum \xi$ [-]	Z [Pa]	Δp_{VV} [Pa]	R.l+Z+ Δp_{VV} [Pa]	K _v [-]	STUPĚŇ NASTAVENÍ
1R	VV-1	5641	606,32	0,21	22,40	27,20	609,28	9,7	214	540	1363	8,25	4 ot.
2R	VV-2	5488	589,87	0,21	22,4	14,3	320,768	7,1	157	886	1363	6,27	2,7 ot.
3R	VV-3	5728	615,67	0,21	22,40	40,4	905,856	14,9	329	1210	2444	5,60	2,5 ot.
		16858	1812			82,0							

ÚSEK (VV)	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN [Dxt]	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	$\sum \xi$ [-]	Z [Pa]	NASTAVENÍ	Δp_{VV} [Pa]	R.l+Z+ Δp_{VV} [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
1 (VV-1)	5641	606,32	27,20	35x1,5	22,40	0,21	609,28	9,7	214	4 ot.	540	1363	1363
2 (VV-2)	11129	1196,19	29,12	42x1,5	28,90	0,28	841,57	6,1	239		0	1081	2444
3 (VV-3)	16858	1811,86	5,20	42x1,5	59,40	0,42	308,88	13,6	1200		0	1508	3952
VYVAŽOVACÍ VENTIL	Q [W]	M [kg/h]	l [m]	DN [Dxt]	R [Pa/m]	w [m/s]	R.l [Pa]	$\sum \xi$ [-]	Z [Pa]	NASTAVENÍ	Δp_{VV} [Pa]	R.l+Z+ Δp_{VV} [Pa]	Δp_{dis} [Pa]
VV-2	5488	589,87	14,32	35x1,5	22,40	0,21	320,77	7,1	157	2,7 ot.	886	1363	1363
VV-3	5728	615,67	40,44	35x1,5	22,40	0,21	905,86	14,9	329	2,5 ot.	1210	2444	2444